

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Dezember 2001 (13.12.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/95461 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H02K 3/12**,
3/28, 3/50

SYSTEMS GMBH & CO. OHG [DE/DE]; Jus-
tus-von-Liebig-Strasse 5, 86899 Landsberg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP01/06272**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. Juni 2001 (01.06.2001)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOLZHEU, Georg**
[DE/DE]; Jugendheimweg 13, 89956 Schongau (DE).
MASBERG, Ulrich [DE/DE]; Nonnenweg 116, 51503
Rösrath (DE). **MENHART, Michael** [DE/DE]; Haupt-
strasse 44, 86859 Holzhausen-Igling (DE). **GRÜNDL, An-
dreas** [DE/DE]; Haseneystrasse 20, 81377 München (DE).
HOFFMANN, Bernhard [DE/DE]; Jakob-Tresch-Strasse
9, 82319 Starnberg (DE). **RASCH, Reinhard** [DE/DE];
Breitbrunnerstrasse 9, 82229 Hechendorf (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
100 28 380.2 8. Juni 2000 (08.06.2000) DE
101 11 509.1 9. März 2001 (09.03.2001) DE

(74) Anwälte: **LIPPICH, Wolfgang** usw.; Samson & Partner,
Widenmayerstrasse 5, 80538 München (DE).

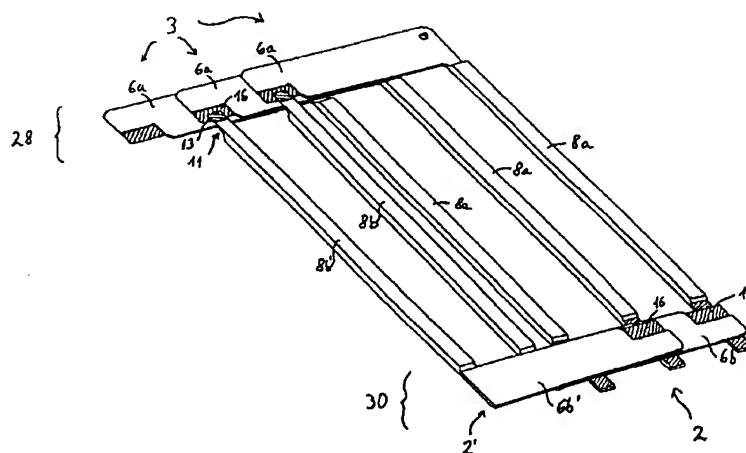
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CONTINENTAL ISAD ELECTRONIC**

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **WINDING WITH MOULDED PARTS, METHOD AND SET OF MOULDED PARTS FOR ELECTRICAL
MACHINES**

(54) Bezeichnung: **WICKLUNG MIT FORMTEILEN, VERFAHREN UND FORMTEILSATZ FÜR ELEKTRISCHE MASCHI-
NEN**





(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Wicklung für einen Ständer oder Läufer einer elektrischen Maschine mit einem Eisenkörper (32) mit Nuten (34), welche zumindest teilweise aus L-förmigen Formteilen (1,2,3) aufgebaut ist. Hierbei bildet jeweils ein Schenkel eines L-förmigen Formteils einen in einer Nut liegenden Nutstab (8a, 8b) und der andere Schenkel einen an einer Stirnseite des Ständers bzw. Läufers liegenden Verbindungsleiter (6a, 6b). Außerdem betrifft die Erfindung eine Wicklung mit mehreren überlappenden Spulen (50, 52, 50, 52, 50, 52), wobei die Verbindungsleiter (6) von überlappenden Spulen (50, 52, 52, 50, 52) verschränkt und somit in Lagen angeordnet sind. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Wicklung, bei der die Verbindungsleiter (6) flacher als die Nutstäbe (8) ausgebildet ist, und die als eine gesehnte Mehrphasenwicklung mit 2 Nuten pro Pol und Strang ausgeführt ist. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren und einen Formteilsatz zur Herstellung einer Wicklung für eine elektrische Maschine.

WICKLUNG MIT FORMTEILEN, VERFAHREN UND FORMTEILSATZ FÜR ELEKTRISCHE MASCHINEN

5 Die Erfindung betrifft Wicklungen, und insbesondere Wicklungen für eine elektrische Maschine mit einem Ständer und/oder Läufer mit Nuten, sowie ein Verfahren und einen Formteilsatz zur Herstellung solcher Wicklungen. Bei einer der Wicklungen handelt es sich um eine sogenannte Mehrlagenwicklung.

Die Ständer von elektrischen Maschinen (z.B. Asynchron- oder
10 Synchronmaschinen in Rotations- oder Linearbauart, wobei mit dem Begriff "elektrische Maschinen" sowohl Motoren als auch Generatoren gemeint sind) sind im allgemeinen mit einer Wicklung ausgestattet. Der durch diese fließende Strom erzeugt ein wanderndes magnetisches Feld, dessen Wirkung über den Luftspalt zwischen Ständer und Läufer hinweg die Bewegung des Läufers hervor-
15 ruft. Bei manchen Bauformen sind auch die Läufer mit einer Wicklung ausgerüstet. Die Wicklung ist i.a. in den Nuten eines Ständer- bzw. Läuferkörpers aufgenommen, die bei einer Radialfeldmaschine in der Regel parallel oder in einem kleinen Winkel zur Drehachse verlaufen.

Bei einer Mehrphasen-Wechselstrommaschine hat die Wicklung i.a. eine
20 der Anzahl der Phasen entsprechende Anzahl von Strängen, die zumeist jeweils mehrere Spulen mit einer oder mehreren Windungen umfassen. Jede Spule liegt in der Regel mit ihren beiden sog. "Spulenseiten" in den Nuten, während die sog. Wickelköpfe die in den Nuten verlaufenden Wicklungabschnitte an den Stirnseiten des Ständerkörpers miteinander verbinden. Die Spulen oder Reihenschaltungen
25 mehrerer Spulen eines Stranges sind i.a. an einem Ende mit einer Stromzuführung verbunden, am anderen Ende sind die Stränge z.B. miteinander am sog. Sternpunkt verbunden. Alternativ können die Stränge auch im Dreieck geschaltet sein.

Da sich zur Erzeugung eines Magnetfeldes mit angenähert sinusförmigem
30 Feldverlauf die Spulenseiten verschiedener Stränge in aufeinanderfolgenden Nuten oder Nutgruppen abwechseln, sind die Spulen verschiedener Stränge i.a.

überlappend angeordnet, so daß zwischen den beiden Spulenseiten einer Spule jeweils Spulenseiten von Spulen anderer Stränge zu liegen kommen. Die Wickelköpfe der überlappenden Spulen müssen sich daher an den Stirnseiten des Ständer- bzw. Läuferkörpers ausweichen. Hierfür sind verschiedene Möglichkeiten der
5 Wickelkopfanordnung bekannt. Bei der sog. Zwei- bzw. Drei-Etagen-Wicklung liegen die Wickelköpfe überlappender Spulen z.B. in verschiedenen, in der Nutlängsrichtung übereinanderliegenden Etagen. Bei der Korbwicklung verbinden sämtliche Wickelköpfe eine Etage mit einer anderen, so daß der Eindruck eines Korbrandes entsteht. Diese Wickelkopfanordnungen sind z.B. in "Fachkunde
10 Elektrotechnik", Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co., 22. Auflage 1999, auf S. 331 dargestellt. Derartige Wickelköpfe sind relativ ausladend und nehmen fast die gesamte Stirnseite des Ständerkörpers ein.

Bei gewickelten Drahtspulen ragen die Wickelköpfe außerdem wegen des Zwangs zur Einhaltung von bestimmten Mindestbiegeradien relativ weit aus den
15 Nuten heraus, was die Erzielung einer kompakten Wickelkopfanordnung mit Drahtwicklungen erschwert. Mit einer Drahtwicklung erreicht man zudem meist nur einen relativ geringen Nut-Füllfaktor von ca. 40%, da der Draht i.a. einen kreisrunden Querschnitt aufweist, während die Nuten meist geradflankig sind. Das Bewickeln eines Ständer- oder Läuferkörpers mit Drahtspulen ist relativ
20 aufwendig und schwer automatisierbar. Aus diesen Gründen wurde bereits frühzeitig (z.B. in der DE-AS-10 06 506) vorgeschlagen, die Wicklung elektrischer Maschinen nicht aus Drahtgebilden aufzubauen, sondern aus vorgefertigten Formteilen mit i.a. rechteckigem Querschnitt. Diese werden in der Regel einzeln in die Nuten eines Ständerkörpers eingesetzt und nach dem Einsetzen an den
25 Stirnseiten elektrisch miteinander zu Spulen verbunden.

Unter "Nutstäben" versteht man diejenigen Wicklungsabschnitte, die in den Nuten verlaufen und die Spulenseiten bilden, unter "Verbindungsleitern" diejenigen Abschnitte, die an den Stirnseiten des Ständerkörpers verlaufen und die Wickelköpfe bilden.

30 Durch die Verwendung von Formteilen mit geeignetem Querschnitt läßt sich der Füllfaktor der Nuten erhöhen. Sofern die Formteile am Übergang zwi-

schen Nutstab und Verbindungsleiter abgewinkelt vorgefertigt sind, entfällt das Problem der Mindestbiegeradien, so daß im Prinzip kompakte Wickelkopfanordnungen erreicht werden können. Bei den im Stand der Technik bekannten Formteilwicklungen mit überlappenden Spulen werden in der Regel viele verschiedene, zudem oft kompliziert geformte Formteile benötigt, um das Ausweichen der Wickelköpfe überlappender Spulen zu erreichen.

Die DE 197 36 645 A1 schlägt beispielsweise vor, bei einer elektrischen Maschine die Wicklung aus C-förmigen Formteilen aufzubauen. Zur Bildung einer Windung einer Spule werden jeweils zwei C-förmige Formteile derart in entsprechende Nuten eingesetzt, daß die offenen Seiten einander zugewandt sind, und die Schenkel der Formteile an einer Stirnseite miteinander verbunden werden. Um eine möglichst kompakte Wickelkopfanordnung zu erzielen, sind die Schenkel, welche die Verbindungsleiter bilden, flacher ausgebildet als die in den Nuten liegenden Abschnitte der Formteile (die Nutstäbe). Die Wickelköpfe überlappender Spulen weichen sich dadurch aus, daß Verbindungsleiter gegenüber den mit diesen verbundenen Nutstäben in Richtung der Nuttiefe versetzt sind und so die Verbindungsleiter einer Spule auf einer bestimmten Höhe der Nuttiefe gebündelt werden. Diese Abkröpfung wird durch ein in Richtung der Nuttiefe verlaufendes Verbindungsstück zwischen Nutstab und Verbindungsleiter erreicht. Da die Nutstäbe verschieden weit abgekröpft werden müssen, werden viele verschiedene Formteile benötigt. Die der Abkröpfung dienenden Verbindungsstücke an den Stirnseiten benötigen zusätzlichen Raum. Die Druckschrift schlägt weiterhin vor, die C-förmigen Formteile aus Blechstanzteilen herzustellen, die derart gefaltet werden, daß im Bereich des Nutstabs so viele Blechlagen übereinanderliegen, daß das gewünschte Verhältnis der Nutstab-Dicke zur Verbindungsleiter-Dicke erreicht wird.

Die DE 44 11 749 C2 betrifft eine Ständerwicklung aus U-förmigen Formteilen, welche nicht an den Stirnseiten, sondern im Nutbereich miteinander verschweißt werden. Die gesamte Wicklung wird zunächst ohne Ständerkörper erstellt. Dieser wird erst danach um die fertige Wicklung herum aufgebaut, indem einzelne Segmente aus weichmagnetischem Material in die Wicklung eingesetzt

werden. Auch bei dieser Wicklung sind die Verbindungsleiter flacher als die Nutstäbe ausgebildet, um das Ausweichen der verschiedenen Stränge an den Stirnseiten zu ermöglichen. Da bei der hier gezeigten dreiphasigen Wellenwicklung mit einer Nut pro Pol und Strang jedoch maximal zwei Stränge parallel geführt werden, ist das Ausweichen einfach dadurch realisierbar, daß die Verbindungsleiter abwechselnd in einer - in Richtung der Nuttiefe - oberen oder unteren von zwei Verbindungsleiter-Schichten liegen. Die Bildung einer wendelförmigen Spule ist bei dieser Konstruktion nicht vorgesehen, da mit den gezeigten Formteilen kein Wechsel von einer Wicklungslage in die andere möglich ist. Mit "Wicklungslage" sind alle Nutstäbe einer Wicklung gemeint, die den gleichen Abstand zum Nutboden aufweisen.

Die DE 43 21 236 C1 offenbart eine Wicklung aus S-förmigen Formteilen, die jeweils aus einem Nutstab und zwei Verbindungsleiter-Hälften bestehen, die an den beiden Enden des Nutstabs zu verschiedenen Seiten abgewinkelt sind. Die Verbindungsleiter sind genauso dick wie die Nutstäbe und verlaufen schräg in Richtung der Nutbreite und der Nutlängsrichtung, wobei alle Verbindungsleiter-Hälften einer Wicklungslage nebeneinander, also im gleichen Abstand zum Nutboden, Platz finden. Bei vielen überlappenden Strängen ragen die Verbindungsleiter-Hälften der Formteile daher relativ weit aus den Nuten hervor. Die Formteile werden vom Nutkopf aus in die Nuten eines Ständerkörpers eingesetzt und daraufhin die jeweils übereinanderliegenden Enden von zu verschiedenen Wicklungslagen gehörenden Verbindungsleiter-Hälften miteinander verbunden. Auf diese Weise wird eine Wellenwicklung mit mehreren Strängen erzeugt, wobei jeder Strang bei jedem Wickelkopfdurchgang die Wicklungslage wechselt.

Diese Wicklung wird in der DE 196 32 390 A1 dahingehend unter Verwendung relativ aufwendiger Formteile weiterentwickelt, daß die Verbindungsleiter-Hälften jeweils um eine halbe Nutstabdicke in Richtung der Nuttiefe versetzt an den Enden des Nutstabs angesetzt sind. Daher wird ein Strang beim Durchlaufen der Verbindungsstelle zwischen zwei Verbindungsleiter-Hälften zwar immer noch um eine Nutstabdicke versetzt, dies wird aber durch die Versetzung der Verbindungsleiter gegenüber den Nutstäben kompensiert. Auch hier ist eine

Wellenwicklung gezeigt. Die Formteile weisen eine komplizierte Form auf und sind daher in der Herstellung kostspielig.

Die Erfindung beschreibt verschiedene Aspekte von Wicklungen für eine elektrische Maschine mit einem Ständer und/oder Läufer mit Nuten:

5 Gemäß einem ersten Aspekt (Anspruch 1) umfaßt die Wicklung mehrere überlappende Spulen mit wenigstens einer vollständigen Windung, die an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers liegende Verbindungsleiter aufweisen, wobei die Verbindungsleiter von überlappenden Spulen verschränkt und somit in Lagen angeordnet sind.

10 Gemäß einem zweiten Aspekt (Anspruch 2) ist die Wicklung zumindest teilweise aus L-förmigen Formteilen aufgebaut. Der eine Schenkel eines solchen L-förmigen Formteils bildet jeweils einen in einer Nut liegenden Nutstab und der andere Schenkel einen an einer Stirnseite des Ständers bzw. Läufers liegenden Verbindungsleiter.

15 Gemäß einem dritten Aspekt (Anspruch 3) umfaßt die Wicklung mehrere Spulen, die aus in den Nuten liegenden Nutstäben und aus an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers liegenden Verbindungsleitern aufgebaut sind, wobei die Verbindungsleiter flacher als die Nutstäbe ausgebildet sind. Die Wicklung ist als eine gesehnte Mehrphasenwicklung mit zwei Nuten pro Pol und Strang ausge-
20 führt.

 Gemäß einem vierten Aspekt (Anspruch 4) umfaßt die Wicklung mehrere Spulen, die aus in den Nuten liegenden Nutstäben und aus an der Stirnseite des Ständers bzw. Läufers liegenden Verbindungsleitern aufgebaut sind. Mindestens zwei Spulen sind jeweils in Reihe geschaltet, wobei der Strom eine der Spulen in
25 Richtung Nutkopf und die andere Spule in Richtung Nutboden durchfließt.

 Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Wicklung gerichtet. Hierbei werden die folgende Schritte mehrmals durchlaufen: (a) Einsetzen von Formteilen in die Nuten des Ständers oder Läufers, bis eine ganze oder ein Teil einer Wicklungslage eingesetzt ist,
30 und (b) Verbinden der in Schritt (a) eingesetzten Formteile mit Stromschienen oder mit in einem vorherigen Durchlauf eingesetzten Formteilen.

Gemäß einem noch weiteren Aspekt ist die Erfindung auf einen Formteilsatz zur Herstellung einer Wicklung für eine elektrische Maschine gerichtet. Der Formteilsatz umfaßt einen Typen eines L-förmigen Formteils oder zwei Typen von L-förmigen Formteilen, deren Verbindungsleiterschlenkel flacher als die Nutstabschenkel ausgebildet sind. Bevorzugt umfaßt der Formteilsatz zwei Typen von L-förmigen Formteilen, von denen ein Typ dazu ausgebildet ist, eine Verbindung in ein und derselben Wicklungslage zu bilden, während der andere dazu ausgebildet ist, eine Überführung von einer Wicklungslage in die nächste zu bilden.

Schließlich ist die Erfindung auch auf eine Wicklung für eine elektrische Maschine gerichtet, wobei die Wicklung aus nur einem oder zwei Formteilty-
pen aufgebaut ist und die Wicklung ggf. zusätzlich ein oder zwei weitere Formteilty-
pen zum Verschalten der Wicklung aufweist.

Die Erfindung wird nun anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen und der beigefügten beispielhaften Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1a eine perspektivische Ansicht eines ersten Typs eines L-förmigen Formteils;
- Fig. 1b Schnitte entlang der Linien A-A und B-B in Fig. 1;
- Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines zweiten Typs eines L-förmigen Formteils;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines weiteren Typs eines L-förmigen Formteils;
- Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines noch weiteren, U-förmigen Formteil-Typs;
- Fig. 5a-c perspektivische Ansichten von auf verschiedene Weise zusammengesetzten L-förmigen Formteilen;
- Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer Anordnung mehrerer L-förmiger Formteile;
- Fig. 7 die Ansicht der Fig. 6, mit einem weiteren L-förmigen Formteil;

- Fig. 8 die Ansicht der Fig. 7, mit einem noch weiteren L-förmigen Formteil;
- Fig. 9 eine perspektivische Ansicht eines Ständer- oder Läuferauschnitts einer elektrischen Maschine mit Nuten, in die L-förmige Formteile eingesetzt sind;
- Fig. 10a-c schematische Draufsichten auf die Nuten des Ständer- oder Läuferkörpers zu verschiedenen Zeitpunkten während des Herstellens der Wicklung;
- Fig. 11 eine schematische Draufsicht auf die Nuten eines Ständer- oder Läuferkörpers mit eingesetzten U-Formteilen;
- Fig. 12 eine schematische Ansicht der Stirnseite eines bewickelten Ständerkörpers;
- Fig. 13 ein Wickelschema einer Dreiphasenwicklung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;
- Fig. 14 ein Wickelschema einer Dreiphasenwicklung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;
- Fig. 15 eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines Stromschienenpakets;
- Fig. 16 eine perspektivische Ansicht der Stromschiene für den Sternpunkt aus Fig. 15;
- Fig. 17 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Stromschienenpakets;
- Fig. 18 eine schematische Querschnittsdarstellung einer Verbindungsstelle einer Stromschiene;
- Fig. 19a eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Stromschienenpakets;
- Fig. 19b eine schematisierte Draufsicht auf eine Stromschiene
- Fig. 20 eine perspektivische Ansicht eines Abschnitts eines vollständig mit Wicklung und Stromschienenpaket bestückten Ständers.

In den Figuren sind funktionsgleiche oder -ähnliche Teile zum Teil mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Zur Vereinfachung erfolgt die folgende Erläuterung der bevorzugten Ausführungsformen anhand von Ständerwicklungen; gleichermaßen gilt das
5 Gesagte aber auch für entsprechende Läuferwicklungen. Beispielsweise zeigen die Fig. 9-11 gleichermaßen Ansichten eines Ständers (bei Fig. 9 einer Innenläufermaschine) wie auch eines Läufers (bei Fig. 9 einer Außenläufermaschine).

Fig. 1 zeigt einen ersten Formteil-Typ. Bevor diese Figur näher erläutert
10 wird, folgen zunächst einige Anmerkungen zu den bevorzugten Ausführungsformen.

Die bevorzugten Ausführungsformen beziehen sich auf Wicklungen für einen Ständer einer Radialfeldmaschine in Innenläuferbauart. Im folgenden wird daher die Nutlängsrichtung als Axialrichtung und die Richtung der Nuttiefe als Radialrichtung bezeichnet. Die beschriebenen Wicklungen sind aber
15 auch für Außenläufer- und Linearmaschinen geeignet; ebenso können sie als Läuferwicklungen verwendet werden. Auch eine Axialfeldmaschine kann mit einer entsprechenden Wicklung bestückt werden, sofern die auf unterschiedlichen Stirnseiten liegenden Verbindungsleiter an die jeweilige Zylindermantelform der Stirnseite angepaßt sind.
20

Der in den Figuren gezeigte Ständer umfaßt zur Führung des magnetischen Flusses einen Ständerkörper in Form eines Blechpakets, das zur Aufnahme der Nutstäbe der Wicklung genutzt ist. Der nicht genutete Teil bildet den sog. Rücken. Unter "Stirnseiten" werden jeweils die Seiten des Ständerkörpers verstanden, an welchen die Nuten quer angeschnitten sind. Bei den
25 gezeigten Radialfeldmaschinen sind dies die axialen Stirnflächen des Ständerkörpers.

Mit "Stromschienen" werden die Stromleiter bezeichnet, über die die Wicklung mit der Stromversorgung verbunden ist. Bei den beschriebenen
30 Mehrphasenwicklungen wird in der Regel eine der Anzahl der Phasen entsprechende Anzahl von Stromschienen für die Stromzuführung und - bei einer

Sternschaltung - eine Stromschiene für den Sternpunkt, den Verbindungspunkt der Phasenstränge der Wicklung, verwendet. Bei einer Dreieckschaltung der Stränge entfällt die Stromschiene für den Sternpunkt. Werden sämtliche Stromschienen nebeneinander geführt, bilden sie zusammen ein Stromschienenpaket.

Die nachstehend einzeln erläuterten Aspekte der beschriebenen Ausführungsformen sind in der Zeichnung meist in Kombination miteinander dargestellt, jeder Aspekt kann aber auch einzeln in einer Wicklung realisiert werden.

Ein Aspekt der beschriebenen Ausführungsformen besteht darin, daß die Wicklung zumindest teilweise aus L-förmigen Formteilen (L-Formteilen) aufgebaut ist, wobei jeweils ein Schenkel des L-Formteils einen Nutstab und der andere Schenkel einen senkrecht dazu, im wesentlichen in Sehnengerichtung verlaufenden Verbindungsleiter bildet. Durch Verbinden des freien Endes des Nutstabs eines Formteils mit dem freien Ende des Verbindungsleiters eines anderen Formteils entsteht eine zusammenhängende Wicklung, bei den bevorzugten Ausführungsformen eine aus wendelartigen Spulen aufgebaute Wicklung. Hierbei bilden zwei miteinander verbundene L-Formteile jeweils eine Windung einer Spule.

Die Nutstäbe weisen zwecks Erzielung eines möglichst hohen Füllfaktors einen an den Nutquerschnitt angepaßten Querschnitt auf, also z.B. bei rechteckförmigen Nuten einen rechteckigen Querschnitt, wobei die Breite im wesentlichen der Nutbreite entspricht. In eine Nut werden dann mehrere Nutstäbe übereinander eingesetzt. Die Verbindungsleiter haben beispielsweise ebenfalls einen rechteckigen Querschnitt, sind aber vorteilhaft flacher als die Nutstäbe, damit z.B. die zu überlappenden Spulen gehörenden Verbindungsleiter radial übereinander geschichtet aneinander vorbei geführt werden können.

Die Verbindung zwischen dem freien Ende eines Nutstabs (Nutstabende) und dem freien Ende eines Verbindungsleiters wird vorzugsweise dadurch hergestellt, daß eine abgeflachte Lasche am Nutstabende auf ei-

nen Verbindungsbereich am Verbindungsleiterende aufgesetzt und mit diesem laserverschweißt wird. Vorteilhaft ist der Verbindungsbereich so flach ausgebildet, daß die Lasche und der Verbindungsbereich zusammen nicht dicker als der Verbindungsleiter im übrigen Bereich sind.

5 In anderen (nicht gezeigten) Ausführungsformen werden die Nutstäbe und Verbindungsleiter verschiedener Formteile nicht durch Laschen verbunden, sondern durch einen anders geformten Fortsatz des Nutstabs, der an entsprechender Stelle angesetzt oder in eine entsprechende Ausnehmung im Verbindungsleiter eingesetzt wird. Die Formteile werden an den Verbindungs-
10 stellen z.B. verschweißt oder verlötet, oder durch Klemm- oder Steckverbindungen mechanisch miteinander verbunden und ggf. zusätzlich verschweißt oder verlötet.

Nach einem weiteren Aspekt der beschriebenen Ausführungsformen läßt sich die gesamte Wicklung aus nur wenigen verschiedenen Formteiltypen
15 aufbauen. Gemäß einer Ausführungsform werden für den Aufbau der Wicklung - eventuell abgesehen von der Verschaltung der Spulen - nur zwei verschiedene Typen von L-Formteilen benötigt, deren Verbindungsleiterschlenkel flacher als die Nutstabschenkel ausgebildet sind. Ein erster Typ ist dazu ausgebildet, eine Verbindung in ein und derselben Wicklungslage zu bilden, während ein zweiter Typ dazu ausgebildet ist, eine Überführung von einer Wick-
20 lungslage in die nächste zu bilden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist am Ende jedes Nutstabschenkels eine abgeflachte Lasche angeordnet, wobei bei dem einen Typ von L-förmigen Formteil die abgeflachte Lasche und der flachere Schenkel beide auf der Höhe der Unterseite des Nutstabschenkels
25 liegen, während bei dem anderen Typ von L-förmigen Formteil die abgeflachte Lasche auf der Höhe der Oberseite des Nutstabschenkels liegt und der flachere Schenkel auf der Höhe der Unterseite des Nutstabschenkels. Hierbei stellt ein Formteil von Typ 1 eine Hälfte einer Spulenwindung dar. Durch ein daran
angeschlossenes Formteil vom Typ 2 wird die Windung vervollständigt und
30 die Wicklung durch den Verbindungsleiter dieses Formteils in die nächste

Wicklungslage überführt. Indem abwechselnd Formteile vom Typ 1 mit Formteilen vom Typ 2 verbunden werden, entsteht eine wendelartige Spule.

Nach einer anderen Ausführungsform wird zum Aufbau der Wicklung sogar nur ein einziger Formteiltyp benötigt. Und zwar könne Spulen auch ausschließlich aus L-Formteilen z.B. von Typ 2 aufgebaut werden, sofern die Nuten groß genug ausgebildet sind, um ausreichend Luft in Richtung der Nuttiefe für die Verbindungsstellen zwischen den Formteilen zu lassen. Alternativ kann auch jede zweite Nut radial zu den anderen Nuten versetzt werden, um den Aufbau der Wicklung aus L-Formteilen eines einzigen Typs zu ermöglichen.

Zum Verschalten der so erhaltenen Wicklung werden ggf. weitere Formteiltypen verwendet. Beispielsweise ist ggf. ein weiterer Formteiltyp zur Verbindung von zwei hintereinandergeschalteten Spulen vorgesehen. Bevorzugt ist dieses Formteil U-förmig ausgebildet und wird von zwei Nutstabschenkeln und einem Verbindungsleiterabschnitt gebildet, der flacher als die Nutstabschenkel ausgebildet ist. Zum Anschließen einer Spule an eine Stromzuführung wird ggf. ein weiterer Formteiltyp verwendet. In einigen Ausführungsformen handelt es sich hierbei um einen weiteren Typ eines L-förmigen Formteils, dessen Verbindungsleiterschlenkel flacher als der Nutstabschenkel ausgebildet ist, wobei am Ende des Nutstabschenkels eine verlängerte abgeflachte Lasche zum Verbinden mit einer Stromschiene angeordnet ist. In anderen Ausführungsformen sind derartige Laschen an den Stromschienen selbst angeordnet, so daß zum Anschließen der Wicklung ein Standardformteil vom Typ 1 oder 2 verwendet werden kann.

Bei der bevorzugten Ausführungsform des Herstellungsverfahrens werden L-Formteile axial von den Stirnseiten in die Nuten des Ständerkörpers eingesetzt. Dies hat den Vorteil, daß die Nuten an ihrem Nutkopf durch Polschuhe o.ä. verengt sein können und so der effektive Luftspalt verringert wird. Nach dem Einsetzen werden die Formteile an ihrem Nutstabsende jeweils mit dem Verbindungsleiterschlenkel eines von der gegenüberliegenden Stirnseite eingesetzten Formteils verbunden.

Im beschriebenen Verfahren werden die Formteile lagenweise eingesetzt und miteinander verbunden. Hierbei wird die am Nutboden liegende Wicklungslage zuerst eingesetzt und die weiteren Wicklungslagen in der Reihenfolge von radial außen nach innen eingesetzt. Die abgeflachten Laschen der Nutstäbe werden hierbei von oben, d.h. radial von innen auf die entsprechenden Verbindungsbereiche aufgesetzt, so daß die Verbindungsstellen von dieser Seite zum Verschweißen (z.B. durch Laserstrahl) zugänglich sind. Die Wicklungsmontage kann selbstverständlich auch in umgekehrter Richtung, also von innen nach außen erfolgen. Bei dieser Variante werden die Verbindungsstellen radial von außen verschweißt.

Im Detail wird in einem Schritt a von einer Stirnseite des Ständers in mehrere Nuten - z.B. in jede zweite Nut - je ein Nutstabschenkel eines L-förmigen Formteils eingesetzt. Hierbei können die Nutstäbe der Formteile in der gleichen Wicklungslage zu liegen kommen. Die - noch nicht von anderen Formteilen verdeckten - Nutstabenden der in Schritt (a) eingesetzten Formteile werden in Schritt (b) auf der gegenüberliegenden zweiten Stirnseite mit den Verbindungsleiterschekeln der vorher eingesetzten Formteile oder mit Stromschienen verbunden. In die in Schritt (a) übriggebliebenen Nuten wird nun von der zweiten Stirnseite je ein Nutstabschenkel eines L-Formteils eingesetzt (Schritt c), wodurch die in Schritt b hergestellten Verbindungsstellen verdeckt werden.. In Schritt (d) werden die Nutstabenden der in Schritt (c) eingesetzten Formteile auf der ersten Stirnseite mit den Verbindungsleiterschekeln von darunter liegenden Formteilen verbunden. Diese Schritte werden wiederholt, bis die Nuten bis zum Nutkopf fast oder ganz mit Nutstäben gefüllt sind. Anschließend werden ggf. Formteile eingesetzt, die aufgrund ihrer Geometrie zum Verschalten der Wicklung geeignet sind. Beispielsweise werden ggf. U-förmige Formteile eingesetzt, durch die jeweils zwei wendelförmige Spulen in Reihe geschaltet werden, oder ein Verbindungsstück zum Anschließen der Wicklung an eine Stromschiene.

Nach einem weiteren Aspekt der bevorzugten Ausführungsformen sind die Verbindungsleiter von überlappenden Spulen mit wenigstens einer voll-

ständigen Windung ineinander verschränkt angeordnet. Hierbei sind die Verbindungsleiter in Lagen angeordnet und vorzugsweise flacher als die Nutstäbe ausgebildet, beispielsweise so flach, daß die zu einer Wicklungslage gehörende Lage von Verbindungsleitern der verschiedenen überlappenden Spulen nicht dicker als ein Nutstab ist. Werden mehrere derartige Lagen von ineinander verschränkten Verbindungsleitern übereinander gesetzt, so können Spulen mit beliebiger Windungszahl aufgebaut werden. Auch in der Wicklung der DE 197 36 645 A1 sind die Verbindungsleiter flacher als die Nutstäbe. Hier sind die Verbindungsleiter überlappender Spulen aber an den Stirnseiten nicht ineinander verschränkt angeordnet, sondern jeweils zu Wickelköpfen gebündelt. Um das jeweilige Bündel zu erreichen, ist jeder Verbindungsleiter gegenüber dem mit diesem verbundenen Nutstab in Richtung der Nuttiefe versetzt (gekröpft), was Nachteile mit sich bringt (viele verschiedene Formteile, Platzbedarf für die Versetzung). Bei verschränkter Anordnung der Verbindungsleiter entfällt hingegen die Notwendigkeit, die Verbindungsleiter gegenüber den Nutstäben zu versetzen, so daß der Platzbedarf der Wickelköpfe geringer ist.

Um die abgeflachten Verbindungsleiter überlappender Spulen in verschränkter Anordnung ohne Kröpfung aneinander vorbei zu führen, sind sie an den Stirnseiten des Ständers zum Beispiel schräg zur Verbindungslinie zwischen den beiden Nuten geführt, deren Nutstäbe sie verbinden. Mit Verbindungslinie ist hierbei die Senkrechte auf die Winkelhalbierende des durch die beiden Nuten definierten Sektors des Ständers gemeint. Die Verbindungslinie hat also für jedes Nutenpaar eine andere Richtung. Durch diese schräge Führung werden die Verbindungsleiter einer Wicklungslage schuppenartig übereinander geschichtet.

In den dargestellten Beispielen ist eine Wicklung mit ineinander verschränkten Verbindungsleitern aus L-förmigen Formteilen aufgebaut. In anderen (nicht gezeigten) Ausführungsformen ist eine solche Wicklung z.B. aus einzelnen Nutstäben und Verbindungsleitern (I-Formteilen), aus C- oder U-förmigen Formteilen oder aus Formteilen aufgebaut, die zur Zeit des Einsetzens bereits eine vollständige Windung umfassen (O-Formteile).

Um die Wicklung an den Stirnseiten möglichst raumsparend zu gestalten, wurde es als vorteilhaft erkannt, die Wicklung nach einem Wickelschema auszuführen, bei dem an den Stirnseiten jeweils möglichst wenige Wickelköpfe überlappend aneinander vorbei geführt werden. Als einfaches Beispiel sei
5 eine Drehstromwicklung mit einer Nut pro Pol und Strang (Einlochwicklung) genannt: Hier verlaufen an den Stirnseiten jeweils nur zwei Wickelköpfe überlappend. Anders liegen die Verhältnisse z.B. bei Wicklungen mit mehreren Nuten pro Pol und Strang (Mehrlochwicklungen), welche verwendet werden, um gegenüber Einlochwicklungen einen günstigeren Feldverlauf zu erzielen,
10 der besser an eine Sinusform angeglichen ist. Wie aus dem in "Fachkunde Elektrotechnik" auf S. 331 gezeigten Wickelschema für eine Drehstrom-Zweilochwicklung hervorgeht, verlaufen hierbei z.B. jeweils 4 Wickelköpfe an den Stirnseiten überlappend. Selbst bei einer platzsparenden Verschränkung der Verbindungsleiter würden sich hierdurch weiter ausladende Wickelköpfe
15 ergeben, da die Verbindungsleiter als Ausgleich für ihre um den Faktor 4 geringe Dicke i.a. breiter auszubilden wären, um ungefähr die gleiche Leiterquerschnittsfläche wie die Nutstäbe zu erreichen.

Um die Anzahl der jeweils aneinander vorbeilaufenden Wickelköpfe bei Mehrlochwicklungen zu reduzieren, ist die Wicklung bei den beschriebenen
20 Ausführungsformen daher gesehen ausgeführt. Bei einer gesehenen Wicklung ist die Spulenweite kleiner als die Polteilung. Unter Polteilung versteht man den in Nuten ausgedrückte Abstand zwischen zwei magnetischen Polen. Die Spulenweite gibt an, um wie viele Nuten von der ersten Spulenseite entfernt die zweite Spulenseite eingelegt wird. In den bevorzugten Ausführungsformen
25 ist die Polteilung 6, die Spulenweite aber nur 5. Das bedeutet, daß die Wickelköpfe der Spulen gegenüber einer ungesehenen Wicklung verkürzt sind, da sie nur 4 anstatt 5 Nuten überbrücken müssen. Insgesamt sind die an den Stirnseiten verlaufenden Abschnitte der Wicklung daher kürzer, und damit wird weniger Platz beansprucht und die ohmschen Verluste der Wicklung re-
30 duziert. Bei der gezeigten Drehstrom-Zweilochwicklung wird durch die Sehnung der Wicklung z.B. erreicht, daß an den Stirnseiten nur jeweils drei statt

vier Wickelköpfe überlappend geführt werden. Die Wahl eines derartigen gesehenen Wickelschemas ist besonders für Formteilwicklungen vorteilhaft im Sinne der Erzielung eines kompakten Wickelkopfbereichs, ist aber bei Wicklungen aus Drahtgebilden mit entsprechenden Vorteilen anwendbar.

5 Die in den Ausführungsbeispielen gezeigten Wicklungen weisen mehrere wendelartige Spulen auf, wobei jeweils zwei Spulen derart in Reihe geschaltet sind, daß der Strom in einer der Spulen durch die Wendel in Richtung Nutkopf fließt, und in der anderen in Richtung Nutboden. Bei den Spulen sind die Verbindungsleiter flacher als die Nutstäbe ausgebildet und an den Stirnseiten
10 schräg zur Verbindungslinie zwischen den beiden Nuten übereinander geschichtet, deren Nutstäbe sie verbinden. Eine wendelförmige Spule wird dann z.B. dadurch gebildet, daß die auf einer Stirnseite gelegenen Verbindungsleiter Nutstäbe der gleichen Lage verbinden und die auf der anderen Stirnseite gelegenen Verbindungsleiter Nutstäbe aus radial übereinanderliegenden Lagen.
15 Eine solche Wicklung kann z.B. aus L-Formteilen hergestellt werden. Es können aber grundsätzlich auch andere Formteile (z.B. U-, C-, I-, oder O-förmige) oder Drahtspulen verwendet werden.

Durch die gezeigte Hintereinanderschaltung zweier wendelartiger Spulen wird erreicht, daß die Anschlüsse an die Stromschienen entweder am
20 Nutboden oder am Nutkopf angeordnet sind, also beide auf der gleichen Seite der Verbindungsleiter. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn auch das Stromschienenpaket auf dieser Seite der Verbindungsleiter angeordnet ist. Bei (nicht in Reihe geschalteten) Einzelspulen müßte dann hingegen ein Anschlußstück quer über die Verbindungsleiter vom Nutkopf zum Nutboden ge-
25 führt werden, welches Platzbedarf in Axialrichtung hätte. Bei der Serienschaltung kann aber ein Verbindungsstück, das die beiden Spulen in Reihe schaltet, parallel zu den Verbindungsleitern laufen und kann somit platzsparend in Radialrichtung über den Verbindungsleitern geschichtet sein. Das Verbindungsstück kann z.B. das Mittelstück eines U-förmigen Formteils sein.

30 Die in den Ausführungsbeispielen verwendeten Formteile - ob L-förmig oder anders geformt - sind bevorzugt durch Ur- oder Umformtechnik, spanlos

oder spanend hergestellt, beispielsweise durch Gießen, Fließpressen, Sintern, Prägen, Stanzen, Fräsen und Biegen oder durch Kombinationen dieser Fertigungstechniken. Beispielsweise werden die Formteile aus einem Blech von der Dicke der Nutstäbe ausgestanzt, die Dicke der Stanzteile im Bereich der Verbindungsleiter und der abgeflachten Laschen durch Massivprägen reduziert, und zuletzt das beim Prägen verdrängte Material abgeschnitten.

Alternativ kann ein Formteil auch aus Halbzeugen hergestellt werden, die z.B. durch Widerstandsschweißen zusammengefügt werden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird beispielsweise ein L-förmiges Formteil aus zwei stabförmigen, sog. I-Formteilen mit unterschiedlicher Querschnittsform hergestellt, so daß ein I-Formteil den Verbindungsleiterschinkel und ein anderes I-Formteil den Nutstabschenkel bildet. Der Nutstabschenkel kann z.B. von einem Stück Vierkantdraht gebildet sein, während für den Verbindungsleiter z.B. ein Flachdraht oder ein ausgestanztes Flachteil verwendet wird. Die I-Formteile lassen sich aufgrund ihrer einfachen Form mit wenig Verschnitt herstellen.

In einer weiteren Ausführungsform sind die Formteile aus mehreren Schichten aufgebaut. Hierbei wird z.B. auf ein flaches, L-förmiges Formteil im Bereich des Nutstabs ein stabförmiger Baustein aufgesetzt, um den Nutstabsbereich zu verdicken. Mehrere Schichten können z.B. aufeinanderpaketi-
20 werden. In einer weiteren Ausführungsform wird ein ähnliches Ergebnis erzielt, indem flaches Ausgangsmaterial derart gefaltet wird, daß im Nutstabsbereich die gewünschte Dicke erhalten wird.

Die Formteile enthalten leitfähiges Material wie Kupfer oder Aluminium oder Legierungen dieser Metalle und sind gegeneinander isoliert.

Zum Anschließen der beschriebenen Wicklungen an eine Stromquelle werden bevorzugt umlaufende Stromschienen verwendet, entlang derer mehrere parallelgeschaltete Spulen oder Spulengruppen angeschlossen sind. Diese sind bevorzugt in regelmäßigen, durch das Wickelschema vorgegebenen, Abständen entlang des Umfangs der Stromschiene angeschlossen. Die Spulenenden werden also nicht über Verbindungsstücke mit zentralen Anschlußpunk-

ten verbunden, sondern können ggf. direkt mit den Stromschienen verbunden, z.B. verschweißt, werden.

Die gezeigten Ausführungsformen der Wicklung zeichnen sich durch einen kompakten Wickelkopfbereich aus. Insbesondere sind die Verbindungsleiter so flach ausgebildet und derart angeordnet, daß die Wickelköpfe an den Stirnseiten in Radialrichtung nicht mehr Platz in Anspruch nehmen, als durch die Nuttiefe gegeben ist. Es bleibt also die stirnseitige Fläche des Ständerkörpers unterhalb der Nuten frei. Anders ausgedrückt handelt es sich um die Fläche am Rücken des Ständers, welcher der Rückführung des magnetischen Flusses dient. Dieser Platz steht zum Verschalten der Spulen zur Verfügung. Durch Anordnung der Stromschienen oder anderer Bauteile zum Verschalten der Wicklung an dieser Stelle kann der Raum zumindest an einer Stirnfläche des Ständerkörpers vollständig ausgefüllt und so die Ausdehnung des magnetisch nicht aktiven Raums des Ständers in Axialrichtung minimiert werden. Zudem sind so die Stromschienen in unmittelbarer Nähe der Spulen angeordnet. Die Stromschienen zum Anschluß der Wicklung sind daher bevorzugt in Richtung der Nuttiefe unterhalb der Verbindungsleiter angeordnet.

In einer ersten Ausführungsform sind mehrere oder alle Stromschienen in der Längsrichtung der Nuten, also z.B. in Axialrichtung, nebeneinander geschichtet, so daß sie bevorzugt direkt an die Wickelköpfe angrenzen und dadurch auf kurzem Wege direkt mit der Wicklung verbunden werden können. Bevorzugt weist mindestens eine Stromschiene an der den Verbindungsleitern zugewandten Seite Erhöhungen auf, mit denen Spulenenden verbunden sind. Gemäß einer anderen Ausführungsform sind hingegen mehrere oder alle Stromschienen in Richtung der Nuttiefe übereinander geschichtet. In beiden Alternativen weist bevorzugt mindestens eine Stromschiene auf der den Verbindungsleitern zugewandten Seite Laschen auf, die sich über die anderen Stromschienen erstrecken und mit denen jeweils ein Spulenende verbunden ist.

Bei manchen Ausführungsformen, bei denen jeweils vier Spulen in Reihe geschaltet sind, bilden die Verbindungsstücke zwischen jeweils zwei und

zwei in Reihe geschalteten Spulen eine weitere Stromschiene aus mehreren voneinander isolierten Sektoren.

Die Ausrüstung mit umlaufenden Stromschienen ist im übrigen allgemein bei jeder Art von Wicklung für eine elektrische Maschine mit parallelgeschalteten Spulen vorteilhaft. Die vorliegende Beschreibung offenbart damit
5 auch einen Wicklungsaufbau für eine elektrische Maschine mit einer mehrphasigen Wicklung, wobei mehrere parallelgeschaltete Spulen oder Spulengruppen der Wicklung an einer umlaufenden Stromschiene angeschlossen sind, bei dem übrige Merkmale der Ansprüche 1 bis 4 nicht vorhanden sind (wohl aber
10 fakultativ vorhanden sein können).

Insgesamt wird bei den beschriebenen Ausführungsformen der Platz an den Stirnflächen eines Ständerkörpers raumsparend ausgenutzt, wodurch insbesondere eine geringe axiale Ausdehnung des magnetisch nicht aktiven Volumens des Ständers erreicht wird. Die bevorzugte Formteilmwicklung hat zudem einen hohen Füllfaktor, so daß eine hohe Drehmomentdichte erzielt wird.
15 Die bevorzugten Ausführungsformen eignen sich daher insbesondere zur Verwendung bei einem Kurbelwellen-Starter-Generator für ein Kraftfahrzeug. Hierbei handelt es sich um eine als Starter- und Generator fungierende elektrische Maschine, die konzentrisch auf der Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors sitzt und vorzugsweise ohne Zwischenübersetzung drehfest mit dieser
20 Welle verbunden ist. Aufgrund des begrenzten Einbauraums ist die axiale Ausdehnungsmöglichkeit eines Starter-Generators gering, andererseits sind für den Direktstart hohe Drehmomente erforderlich.

Nun zurückkommend auf die Figuren 1-4, sind dort die für den Aufbau
25 der bevorzugten Wicklung verwendeten Formteiltypen einzeln vorgestellt und erläutert.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines L-Formteils 1 vom ersten Typ. Ein Schenkel 8a des L-Formteils 1 bildet in der fertigen Wicklung einen Nutstab 8, während der andere Schenkel 6a an der Stirnseite des Ständers
30 liegt und in verschiedenen Nuten liegende Nutstäbe 8 miteinander verbindet. Im folgen haben Nutstäbe bzw. Verbindungsleiter allgemein die Bezugszei-

chen 8 bzw. 6, während die zu bestimmten Formteiltypen gehörenden Nutstabschenkel und Verbindungsleiterschlenkel mit 8a, 8b bzw. 6a, 6b bezeichnet werden.

Die Verbindungsleiter 6 sind flacher und breiter ausgebildet als die Nutstäbe 8, wie aus den in Fig. 1b dargestellten Querschnittsansichten der beiden Schenkel 6a und 8a ersichtlich ist. Und zwar weisen die Nutstäbe 8 eine Dicke H und eine Breite B auf, wobei die Breite B in dem gezeigten Ausführungsbeispiel so gewählt ist, daß der Nutstab in der Breite jeweils eine Nut ausfüllt. Möglich sind aber auch Ausführungsformen, bei denen in einer Nut mehrere Nutstäbe nebeneinander, d.h. in gleicher Höhe vom Nutboden, zu liegen kommen. Die Dicke h des Verbindungsleiters 6 beträgt beispielsweise ein Drittel der Dicke H des Nutstabs 8, während die Breite b etwa dreimal so groß ist wie die Breite B des Nutstabs 8. Der Leiterquerschnitt ist also in beiden Schenkeln des gezeigten Formteils in etwa gleich.

Das Formteil 1 weist am freien Ende des Nutstabs 8a eine abgeflachte Lasche 10a auf. Bei dem in Figur 1 gezeigten ersten Typ liegt die Lasche 10a auf gleicher Höhe wie der Verbindungsleiter 6a, nämlich auf der in der Zeichnung unten liegenden Seite des Nutstabschenkels 8a. Die (nicht sichtbaren) Unterseiten des Nutstabs 8a, des Verbindungsleiters 6a und eines nahe zum Nutstab 8a liegenden Übergangsbereiches 12 der Lasche 10a liegen also in einer Ebene. Der Übergangsbereich 12 der Lasche 10a weist etwa die gleiche Dicke auf wie der Verbindungsleiter 6a, also ca. ein Drittel der Dicke des Nutstabs. Am äußersten Ende der Lasche 10a befindet sich ein Verbindungsbereich 13, der gegenüber dem Übergangsbereich 12 noch weiter abgeflacht ist, nämlich auf etwa ein Sechstel der Dicke des Nutstabs. Der Übergang zwischen den Bereichen 12 und 13 erfolgt durch eine Stufe auf der Unterseite der Lasche 10a. Der Verbindungsbereich 13 läßt also auf der Unterseite gegenüber der Höhe der Unterseite des Nutstabs 8a einen Raum in Höhe etwa eines Sechstels der Nutstabdicke frei.

Zum Verbinden zweier Formteile wird der Verbindungsbereich 13 der Lasche 10a auf das Ende des Verbindungsleiters eines zweiten Formteils auf-

gesetzt und mit diesem verbunden, z.B. verschweißt. Der Verbindungsbereich 13 der Lasche 10a ist daher - ebenso wie ein Verbindungsbereich 16 am Ende des Verbindungsleiters 6 - nicht mit einer isolierenden Schicht versehen, was in der Zeichnung durch eine Schraffur gekennzeichnet ist. An den nicht schraffierten Flächen ist Formteil 1, ebenso wie die anderen gezeigten Formteile, isolierend beschichtet. Damit die Verbindungsstelle zwischen zwei Formteilen, die im dicht gepackten Wickelkopfbereich liegt, nicht dicker als ein Verbindungsleiter 6 ist, ist der Verbindungsbereich 16 des Verbindungsleiters 6a auf etwa die Hälfte der Dicke des Verbindungsleiters 6a abgeflacht. Dadurch kann der Laschen-Verbindungsbereich 13 auf einen Verbindungsbereich 16 aufgelegt und verschweißt werden, ohne daß die Dicke des Verbindungsleiters 6 an der Verbindungsstelle überschritten wird. Da der möglichst kurz gehaltene Übergangsbereich 12 und die Verbindung selbst nur etwa ein Drittel der Höhe des Nutstabs 8a aufweisen, liegt dort eine Querschnittsverengung vor, die zugunsten einer dicht gepackten Wickelkopfanordnung der Verbindungsleiter in Kauf genommen wird. Der Übergangsbereich 12 kann vorteilhaft sein, indem er einen Abstand zwischen Nutstäben und Wickelkopfbereich schafft. Er sollte einen möglichst großen Leiterquerschnitt aufweisen. Der Übergangsbereich 12 kann auch als stufenloser Übergang zwischen Nutstab und Verbindungsbereich 13 ausgebildet sein. Bei anderen Ausführungsformen ist der Übergangsbereich 12 weggelassen, dort schließt der Verbindungsbereich 13 direkt an den Nutstab 8 an.

Fig. 2 zeigt einen zweiten Typ eines L-förmigen Formteils 2, welcher zusammen mit dem ersten Typ zur Bildung einer vollständigen Windung einer wendelförmigen Spule verwendet wird. Das Formteil 2 ist im wesentlichen gleich aufgebaut wie das Formteil 1, insbesondere sind die Längen und die Querschnitte B-B und A-A der Verbindungsleiter 6a, 6b und Nutstäbe 8a, 8b der beiden Formteile gleich. Auch bei Formteil 2 ist am freien Ende des Nutstabs 8b eine abgeflachte Lasche 10b angeordnet. Im Gegensatz zur Lasche 10a von Formteil 1 ist die abgeflachte Lasche 10b aber nicht auf gleicher Höhe wie der Verbindungsleiter 6b angeordnet, sondern ist zu der ge-

genüberliegenden Fläche des Nutstabs 8a versetzt. Und zwar ist die Lasche 10b des Formteils 2 auf der Höhe der (in Fig. 2 oben liegenden) Seite des Nutstabs 8b angeordnet, während der Verbindungsleiter 6b - wie bei Formteil 1 - auf der Höhe der Unterseite des Nutstabs 8b angeordnet ist. Ansonsten ist die Lasche 10b des Formteils 2 gleich ausgebildet wie die Lasche 10a des Formteils 1: Sie weist einen Übergangsbereich 12 auf, der sich direkt an den Nutstab 8b anschließt und etwa so flach wie der Verbindungsleiter 6b ist, und einen noch weiter abgeflachten Verbindungsbereich 13 am äußersten Ende der Lasche 11. Dieser Bereich 13 ist wiederum so flach ausgebildet, daß seine Dicke zusammen mit der Dicke des abgeflachten Verbindungsbereichs 16 eines Verbindungsleiters 6 etwa der Dicke h eines Verbindungsleiters 6 entspricht. Die Stufe zwischen dem Übergangsbereich 12 und dem Verbindungsbereich 13 liegt auf der nach unten weisenden Seite der Lasche 10b, so daß beim zweiten Typ die obere Seite der gesamten Lasche 10b auf der gleichen Höhe wie die obere Seite des Nutstabs 8b liegt.

Fig. 3 zeigt einen dritten Typ eines L-förmigen Formteils 3, welches dazu dient, die Wicklung mit den Stromschienen zu verbinden. Formteil 3 gleicht im Prinzip Formteil 1, weist aber anstatt der Lasche 10a eine verlängerte Lasche 26 auf, welche mit einer Stromschiene verbunden, z.B. verschweißt, wird und daher keine Isolierung aufweist. Die Lasche 26 hat vorzugsweise die gleiche Dicke h wie ein Verbindungsleiter 6. Die Formteile 3 liegen vorteilhaft in der untersten Wicklungslage der Nuten, so daß die verlängerten Laschen 26 ggf. direkt an die unter den Nuten angeordneten Stromschienen angrenzen. Alternativ können die Formteile 3 auch in der obersten Wicklungslage liegen.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform sind die Laschen zum Anschließen der Wicklung an die Stromschienen auf den Stromschienen selbst angeordnet. Es werden dann keine speziell ausgebildeten Formteile 3 vom dritten Typ benötigt, sondern es werden z.B. die Formteile 1 vom ersten Typ mit ihren Laschen 10a auf die verlängerten Laschen 26 der Stromschienen aufgeschweißt.

Fig. 4 zeigt schließlich einen Typ eines U-förmigen Formteils, welcher verwendet wird, um zwei wendelförmige Spulen einer Wicklung in Reihe zu schalten. Das U-förmige Formteil 4 weist zwei Nutstabschenkel 8b, 8b' auf, welche in ihrer Länge und Querschnittform A-A mit den Nutstabschenkeln 8a, 8b der Formteile 1 und 2 übereinstimmen. Beide Nutstäbe 8b, 8b' weisen an ihrem freien Ende eine abgeflachte Lasche 10b auf, welche auf der Höhe der in der Zeichnung oben liegenden Seite des Nutstabs 8b bzw. 8b' angeordnet ist und somit der Lasche 10b des L-Formteils 2 entspricht. Der die beiden Nutstäbe 8b, 8b' verbindende Verbindungsleiter 7 weist die gleiche Querschnittform B-B auf wie die Verbindungsleiter 6a, 6b der Formteile 1 und 2, ist aber um einen Nutabstand länger als diese. Ist z.B. der Verbindungsleiter 6a, 6b der Formteile vom ersten und zweiten Typ so lang, das eine Spule mit in einem Abstand von 5 Nuten liegenden Nutstäben 8 aufgebaut werden kann, so ist der Verbindungsleiter 7 des U-Formteils zwecks Verbindung zweier Spulen länger ausgebildet, hier z.B. so, daß die beiden Nutstabschenkel 8b, 8b' in einem Abstand von 6 Nuten zueinander zu liegen kommen. Eine weitere Besonderheit des Verbindungsleiters 7 ist, daß er in Bezug zu den beiden Nutstabschenkeln 8b, 8b' nicht in ein- und derselben Ebene liegt. Vielmehr liegt er einerseits auf der Höhe der (in der Zeichnung) oberen Seite des einen Nutstabschenkels 8b, andererseits jedoch auf der Höhe der Unterseite des anderen Nutstabschenkels 8b'. Liegen in der fertigen Wicklung beide Nutstabschenkel 8b, 8b' des U-Formteils in der gleichen Wicklungslage, liegt er daher leicht schräg zu der Verbindungslinie zwischen den beiden Nuten mit den Nutstäben 8b, 8b'. Wie durch eine Naht 27 angedeutet, kann das U-förmige Formteil z. B. aus zwei L-förmigen Formteilen hergestellt sein, die am Ende ihrer Verbindungsleiterschenkel abgeflachte Bereiche aufweisen, welche aufeinandergelegt und miteinander verschweißt werden.

Fig. 5 zeigt verschiedene Möglichkeiten, ein L-Formteil nicht nur aus einem Stück aus dem Vollen, sondern aus mehreren Teilen herzustellen. Bei der in Fig. 5a gezeigten bevorzugten Ausführungsform wird ein L-Formteil z.B. aus zwei stabförmigen I-Formteilen zusammengesetzt. Die für Verbindungslei-

ter 6 und Nutstab 8 benötigten I-Formteile mit unterschiedlichen Längen und Querschnittsformen können z.B. jeweils aus einem Halbzeug gewonnen werden. Ein Nutstab 8 kann beispielsweise durch Abschneiden von einem Vierkantdraht mit passender Querschnittsform hergestellt werden. An einem
5 (nicht gezeigten) Ende des Vierkantdrahts wird eine Lasche 10 eingeprägt und das verdrängte Material abgeschnitten. Das anderen Ende wird auf ähnliche Weise geprägt und beschnitten, um es mit einer Ausnehmung 22 zu versehen, in die ein Fortsatz 21 des Verbindungsleiters eingesetzt und mit dem Nutstab verbunden werden kann. Der Verbindungsleiter 6 wird bevorzugt aus
10 einem Flachband ausgestanzt. An einer Ecke des Verbindungsleiters 6 wird ggf. ein abgeflachter Verbindungsbereich 16 eingeprägt und das verdrängte Material abgeschnitten. Bevorzugt werden Nutstab 8 und Verbindungsleiter 6 durch Widerstandsschweißen miteinander verbunden. Hierfür werden in den Fortsatz 21 vorzugsweise Schweißnoppen eingeprägt. Unter Umständen wird
15 der Nutstab 8 an dem gezeigten Ende noch weiter abgeprägt, so daß dieses Nutstabende die gleiche Materialstärke aufweist wie der Fortsatz 21 des Verbindungsleiters 6. Beim Schweißen erweist sich die so erzeugte Symmetrie in der Materialstärke und Wärmeableitung vorteilhaft. Geeignete Verbindungstechniken, um bei der in Fig. 5a gezeigten Variante zwischen Verbindungsleiter 6 und Nutstab 8 eine elektrische Verbindung herzustellen, sind außerdem
20 Schweißen (Laserschweißen), Löten oder Kleben mit leitendem Klebstoff, sowie form- oder kraftschlüssige Verbindungen.

Bei den in Fig. 5b und c dargestellten Varianten ist das L-Formteil aus mehreren Schichten aufgebaut. Das in Fig. 5b gezeigte Formteil ist z.B. aus
25 einer flachen, L-förmigen Schicht 18 und einer nur im Nutstabbereich aufgesetzten zweiten Schicht 19 zusammengesetzt. Die unter der Schicht 19 hervorstehenden Bereiche der Schicht 18 bilden auf der einen Seite den Verbindungsleiter 6, auf der anderen Seite die Lasche 10a. Das Formteil ist also vom Typ 1. Um ein Formteil vom Typ 2 herzustellen, bei dem Lasche 10b und
30 Verbindungsleiter 6 nicht auf der gleichen Ebene angeordnet sind, wird gemäß Fig. 5c noch eine weitere Schicht 20 aufgesetzt, die am Nutstabende

über die Schicht 19 übersteht und somit eine Lasche 10b bildet. Die Schicht 19' in Fig. 5c ist entsprechend um die Dicke der Schicht 20 dünner als die Schicht 19 der Fig. 5b ausgebildet. Die aufeinandergesetzten Schichten werden vorzugsweise durch Löten, Schweißen (Ultraschall-, Laser- oder Widerstandsweißen), Toxen oder Stanzpaketieren miteinander verbunden.

Anhand der Fig. 6 bis 8 soll nun der Aufbau einer Wicklung mit überlappenden Spulen aus L-Formteilen erläutert werden. In den Figuren wird hierzu der Aufbau der untersten Wicklungslage mit wenigen Formteilen demonstriert. Die Formteile sind der Einfachheit halber ohne Ständerkörper und auf einer ebenen Fläche liegend dargestellt; in einem Ständerkörper einer Radialfeldmaschine wären die Formteile auf der Innenmantelfläche eines Zylinders angeordnet. Fig. 6 zeigt drei L-förmige Formteile vom Typ 3 mit verlängerten Laschen. Die Formteile 3 liegen in der in den Nuten zuunterst liegenden Wicklungslage und sind um je zwei Nutabstände zueinander versetzt angeordnet, so daß in jeder zweiten Nut der Nutstab 8a eines Formteils 3 zu liegen kommt. Die verlängerten Laschen 26 befinden sich alle an der gleichen Stirnseite des Ständerkörpers und sind dort mit darunter liegenden (nicht dargestellten) Stromschienen verbunden. Auf der anderen Stirnseite des Ständerkörpers sind die Verbindungsleiter 6 schuppenartig übereinandergeschichtet und bilden so eine Lage 28 von Verbindungsleitern. In der Verbindungsleiterlage 28 sind die Verbindungsleiter 6 derart geschichtet, daß sie mit ihrem freien Ende stets oben in der Lage liegen und der Verbindungsbereich 16 frei zugänglich ist, während das andere Ende durch andere Verbindungsleiter 6a verdeckt ist. Der Übergang zwischen Verbindungsleiter 6a und Nutstab 8a des gleichen L-Formteils 3 liegt in dem verdeckten Bereich.

In der Verbindungsleiterlage 28 liegen, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, maximal drei Verbindungsleiter 6a übereinander. Da die Dicke h der Verbindungsleiter 6a in dem gezeigten Ausführungsbeispiel ca. ein Drittel der Dicke H der Nutstäbe 8a beträgt, ist die Verbindungsleiterlage 28 also an keiner Stelle höher als die dazugehörige Lage von Nutstäben 8a.

Im gezeigten Beispiel verbinden die Verbindungsleiter 6a jeweils Nutstäbe im Abstand von fünf Nuten, wie nachfolgend noch erläutert wird. In anderen, nicht gezeigten Ausführungsbeispielen verbinden die Verbindungsleiter Nutstäbe in größerem oder kleinerem Abstand zueinander, so daß auch in der Verbindungsleiterlage jeweils mehr oder weniger als drei Verbindungsleiter übereinander liegen. Bei diesen Wicklungen wird die Dicke h der Verbindungsleiter 6 vorteilhaft so gewählt, daß die Dicke einer Verbindungsleiterlage 28 jeweils der Dicke H eines Nutstabs 8 entspricht. Bei anderen Ausführungsformen, die zum Anschluß an die Stromschienen keinen speziellen Formteiltyp vorsehen, wird bei den ersten Herstellungsschritten gemäß Fig. 6 der erste Formteiltyp verwendet.

Ist in jede zweite Nut entsprechend Fig. 6 ein Formteil 3 eingelegt, wird in die übrigen Nuten je ein Formteil vom zweiten Typ derart eingesetzt, daß sein Verbindungsleiter 6b auf der den Verbindungsleitern 6a der bereits eingesetzten Formteile 3 gegenüberliegenden Stirnseite des Ständerkörpers angeordnet ist (siehe Fig. 7). Der Verbindungsbereich 13 der abgeflachten Lasche 10b des Formteils 2 kommt hierbei auf dem abgeflachten Verbindungsbereich 16 des Verbindungsleiters 6a eines Formteils 3 zu liegen. Das Formteil 2 wird mit dem Formteil 3 an dieser Stelle verbunden, z.B. durch Laserschweißen. Hierbei wird ein ausreichend energiereicher Laserstrahl auf die freiliegende Oberfläche 14 des Verbindungsbereichs 13 der Lasche 10b gerichtet. Das Material des Verbindungsbereichs 13 der Lasche 10b schmilzt dadurch auf und verbindet sich stoffschlüssig mit dem darunterliegenden Verbindungsbereich 16 des Verbindungsleiters 6. Alternativ hierzu ist im Bereich 13 der Lasche 10b ein Schlitz angeordnet, durch den der Laserstrahl direkt auf die Grenzfläche zwischen dem Laschen-Endbereich 13 und der darunterliegenden Verbindungsstelle 16 gerichtet werden kann. Bei dieser Alternative braucht der Laserstrahl also den Laschen-Endbereich 13 nicht in seiner gesamten Dicke aufzuschmelzen.

Da der Endbereich 13 der Lasche 10b des Formteils 2 - wie im Zusammenhang mit Fig. 2 erläutert - auf der Höhe der Oberseite des Nutstabs 8b

angeordnet ist, kommt der Nutstab 8b des Formteils 2 in der gleichen Wicklungslage wie die Nutstäbe 8a der Formteile 3 zu liegen, wenn er auf den Verbindungsbereich 16 des Verbindungsleiters 6a aufgesetzt wird. Dadurch wird der Höhenversatz ausgeglichen, der aufgrund der schuppenartigen
5 Schräglage der Verbindungsleiter 6a in der Verbindungsleiterlage 28 entstanden ist.

An der gegenüberliegenden Stirnseite liegt der Verbindungsleiter 6b des Formteils 2 ebenfalls schräg, und zwar an seinem nichtfreien Ende auf gleicher Höhe wie die verlängerten Laschen 26 der Formteile 3, beginnend von
10 dort zu seinem freien Ende ist er aber über diese Laschen geschichtet.

Fig. 8 zeigt die gleiche Wicklungsanordnung wie Fig. 7, bei der noch ein weiteres Formteil 2' entsprechend dem Formteil 2 eingesetzt wurde. Das Formteil 2' ist auf gleiche Weise wie das Formteil 2 mit seinem Laschen-Endbereich 13 am Ende seines Nutstabschenkels 8b' mit dem Verbindungsbe-
15 reich 16 eines Formteils 3 verbunden. Auf der gegenüberliegenden Stirnseite ist es mit seinem Verbindungsleiter 6b' schuppenartig über den Verbindungsleiter 6b des Formteils 2 geschichtet, so daß der Verbindungsbereich 16 über dem Nutstabende des Formteils 3 zu liegen kommt, mit dem der Laschen-Endbereich 13 des Formteils 2' verbunden ist.

Setzt man nach dem in Fig. 8 gezeigten Schema noch weitere Formteile
20 2 und 3 jeweils in jede zweite Nut ein, erhält man eine vollständige Wicklungslage von Nutstäben 8. Die Verbindungsleiter der Formteile 2 bzw. 2' bilden dann eine zweite Verbindungsleiterlage 30 ähnlich der Lage 28 auf der anderen Stirnseite. Die Verbindungsleiter 6a, 6b der Formteile 2, 3 liegen je-
25 weils mit ihrem freien Ende in diesen Lagen oben, so daß ihre nicht isolierten Verbindungsstellen 16 nicht von anderen Verbindungsleitern der gleichen Lage verdeckt sind. Die Verbindungsleiterlagen 28 und 30 sind jeweils schräg geschichtet, und zwar so, daß die Verbindungsleiter 6b (in der Perspektive der Zeichnung) von links unten nach rechts oben, die Verbindungsleiter 6a
30 von rechts unten nach links oben verlaufen.

Das Formteil 2 bildet zusammen mit dem zugehörigen Formteil 3 nach Verschweißung eine vollständige Windung einer wendelförmigen Spule. Durch den schräg geschichteten Verbindungsleiter 6b des Formteils 2 wird die Wicklung in die nächsthöhere Wicklungslage überführt. Zum Fortsetzen der Wendel wird ein - in Fig. 8 nicht gezeigtes - Formteil 1 auf das zur ersten Windung gehörige Formteil 3 gelegt und somit eine neue Wicklungslage begonnen. Mit dem Verbindungsbereich 13 der Lasche 10a kommt das Formteil 1 somit auf der Verbindungsstelle 16 des entsprechenden Formteils 2 zu liegen und wird auf die vorstehend beschriebene Weise mit dieser verbunden.

Da die Lasche 10a des Formteils 1 auf der Höhe der Unterseite des Nutstabs 8a des Formteils 1 liegt, wird der durch die schräge Schichtung in der Verbindungsleiterlage 30 geschaffene Höhenversatz an dieser Verbindungsstelle nicht ausgeglichen, sondern führt im Gegenteil dazu, daß eine Wendel entsteht. Zur Bildung einer vollständigen Wicklung werden auf sämtliche Formteile 3 Formteile vom Typ 1 gelegt und an entsprechenden Verbindungsstellen 16 der Formteile 2 wiederum durch Schweißen verbunden. Um diese zweite Wicklungslage zu vervollständigen, werden in die übriggebliebenen Nuten, also in jede zweite Nut, weitere Formteile 2 auf die bereits eingesetzten Formteile 2 aufgesetzt und mit den Verbindungsstellen 16 der Formteile 1 durch Schweißen verbunden. Die Verbindungsleiter der Formteile 1 bilden eine weitere Verbindungsleiterlage 28, die gleich aufgebaut ist wie die in Fig. 8 gezeigte Verbindungsleiterlage 28 der Formteile 3. Nach dem Einsetzen und Verbinden der zweiten Wicklungslage sind also mehrere überlappende Spulen mit jeweils zwei Windungen entstanden, deren Verbindungsleiter ineinander verschränkt angeordnet sind.

Die Verschränkung der Verbindungsleiter überlappender Spulen ist schematisch in Fig. 12 dargestellt. Diese zeigt eine schematische Draufsicht auf die Stirnseite eines bewickelten Ständers, wobei die Stirnfläche der Verbindungsleiter 6b vereinfacht als Linien dargestellt sind. Die Verbindungsleiter 6b sind hier in vier schräg geschichteten Lagen 30 übereinander angeordnet. Die Verbindungsleiter 6b der verschiedenen Stränge sind durch unterschiedli-

che Linienarten gekennzeichnet, z.B. die zu Strang V gehörenden Verbindungsleiter durch durchgezogene Linien, die zu Strang W gehörenden Verbindungsleiter 6b durch strichpunktierte Linien und die zu Strang U gehörenden Verbindungsleiter 6b durch gestrichelte Linien. Innerhalb einer Verbindungsleiterlage 30 wechseln sich die verschiedenen Stränge jeweils ab. Durch Über-
5 einanderschichtung mehrerer gleicher Lagen und die entsprechenden Verbindungen zwischen den Formteilen dieser Lagen entstehen wendelförmige Spulen 50, 52, 50', 52', 50'', 52'', deren Verbindungsleiter ineinander verschränkt sind. Jeder Verbindungsleiter 6b einer Lage 30 gehört zu einer anderen Spule. Die Verbindungsleiter des Strang V gehören z.B. zu den Spulen 50,
10 52, die des Strang W zu den Spulen 50', 52' und die Verbindungsleiter des Strang U zu den Spulen 50'', 52''. Die Spule 52'' überlappt auf einer Seite mit den Spulen 52, 52' und auf der anderen Seite mit den Spulen 50, 50'.

Auf der anderen Stirnseite sind die Verbindungsleiter 6a auf entsprechend Weise angeordnet, mit dem Unterschied, daß die Verbindungsleiter 6a
15 der Lage 28 jeweils Nutstäbe der gleichen Wicklungslage verbinden, während die Verbindungsleiter 6b der Lage 30 jeweils Nutstäbe aus übereinanderliegenden Wicklungslagen verbinden, so daß nach jeder Windung ein Wechsel in die nächsthöhere Wicklungslage erfolgt.

Die in Fig. 12 dargestellte Wickelkopfanordnung kann auch bei Wicklungen verwendet werden, die nicht aus L-Formteilen aufgebaut sind, sondern aus beliebigen anderen Formteilen. Auch die Wickelköpfe von Drahtspulen können im Prinzip ineinander verschränkt angeordnet werden, anstatt sich gebündelt an den Stirnseiten auszuweichen. Obwohl Fig. 12 eine dreiphasige
20 Zwei-Loch-Wicklung zeigt, kann selbstverständlich jede beliebige Wicklung einer Wechselstrom- oder Gleichstrommaschine derart ausgeführt werden, daß die Verbindungsleiter überlappender Spulen ineinander verschränkt sind.

Fig. 9 zeigt ebenso wie Fig. 6 bis 8 einen Teil der in den Nuten zuunterst liegenden Wicklungslage. Die Abbildung zeigt jedoch nicht mehr die
30 Idealisierung einer ebenen Abwicklung, sondern einen Ausschnitt eines gekrümmten Ständerkörpers 32 einer Radialfeldmaschine in Innenläuferbauart

(oder eines Läuferkörpers in Außenläuferbauart), in dessen Nuten 34 die Formteile 2,3 eingesetzt sind. Damit die eigentliche Wicklung besser sichtbar ist, sind nur die beiden Stirnseiten des Ständerkörpers 32 eingezeichnet. Der Ständerkörper 32 ist selbstverständlich massiv und typischerweise aus Elektroblechen hergestellt, die in Axialrichtung übereinandergeschichtet sind. Die dargestellten Stirnseiten des Ständerkörpers 32 entsprechen also jeweils etwa dem äußersten Blech des Blechpakets.

Die Formteile 2, 3 sind direkt über dem Nutboden in die Nuten 34 eingesetzt. Die Nuten 34 sind an ihrem Kopf 36 verengt, so daß die L-Formteile 2 und 3 nur in Axialrichtung in die Nuten einzuschieben sind. Von der dem Betrachter zugewandten Stirnseite ist bereits eine Lage von Formteilen 3 eingesetzt, von der gegenüberliegenden Stirnseite sind drei Formteile von Typ 2 eingesetzt.

In der gekrümmten Darstellung von Fig. 9 wird deutlich, daß die Verbindungsleiter 6 der L-Formteile leicht in Radialrichtung gebogen sind. Dies dient zum einen dazu, die Verbindungsleiter zu einer möglichst kompakten Verbindungsleiterlage 28 übereinanderzuschichten, zum anderen um der Umfangsrichtung des Ständerkörpers zu folgen.. Die gezeigte Biegung der Verbindungsleiter kann beim Einsetzen der Formteile erfolgen. Möglich ist auch, die Formteile bereits mit einer entsprechenden Krümmung zu fertigen oder sie vor dem Einsetzen entsprechend zu biegen. In Fig. 9 ist ebenfalls ersichtlich, daß bei der gezeigten Radialfeldmaschine die Nuten im Ständerkörper vom Nutboden zum Nutkopf radial zusammenlaufen. Der Abstand zwischen zwei Nuten ist also am Nutkopf geringer als am Nutboden. In einer Wicklung, die aus den gezeigten L-Formteilen aufgebaut ist, kann diese Differenz leicht ausgeglichen werden, da der genaue Abstand zwischen zwei durch einen Verbindungsleiter 6a oder 6b verbundenen Nutstäben 8a, 8b nicht festgelegt ist. Vielmehr kann der Laschen-Verbindungs Bereich 13 eines Nutstabs 8a oder 8b an beliebiger Stelle auf den mit einer ausreichenden Toleranzbreite ausgestalteten Verbindungsbereich 16 des Verbindungsleiter 6a oder 6b eines zweiten Formteils aufgelegt und mit diesem verbunden werden.

Anhand der Fig. 10a-c soll nun ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Herstellung einer Wicklung genauer erläutert werden. Die Figuren zeigen jeweils eine schematische Draufsicht auf die genutete Seite eines Ständer- oder Läuferkörpers - man denke sich hierbei den Ständer- bzw. Läuferkörper wiederum aufgeschnitten und in eine Ebene abgewickelt. Die Verengung der Nuten am Nutkopf ist hier nicht dargestellt, so daß die in den Nuten zuoberst liegende Wicklungslage voll sichtbar ist. Die Nuten sind jeweils von 1 bis 12 durchnummeriert, da das in diesem Beispiel verwendete Wickelschema sich alle 12 Nuten wiederholt.

Fig. 10a zeigt den Ständer nach Beendigung des ersten Verfahrensschrittes, bei dem in jede zweite Nut 1, 3, 5, 7 usw. von der in der Zeichnung oben liegenden Stirnseite des Ständerkörpers ein Formteil 3 in der Richtung des Pfeils P eingesetzt wurde, und zwar derart, daß alle Verbindungsleiter 6 der Formteile (in der Zeichnung) nach links zeigen. Die Formteile 3 werden in die Nuten in der Reihenfolge von links nach rechts eingesetzt, damit sämtliche freien Enden der Verbindungsleiter 6 auch nach dem Einsetzen aller Formteile 3 dieser Lage noch radial zugänglich sind. Die Formteile 3 in den Nuten 1, 5 und 9 weisen jeweils am freien Ende des Nutstabs eine verlängerte abgeflachte Lasche 26 auf, die zum Verbinden der Wicklung mit einer der (nicht gezeigten) Stromschienen für die Phasen der Stromzuführung geeignet ist. Die Formteile in den Nuten 3, 7 und 11 weisen ebenfalls eine abgeflachte Lasche 26' auf, die in diesem Beispiel kürzer ausgebildet ist als die verlängerten Laschen 26 und auf einer Stromschiene 40 für den Sternpunkt aufliegen.

Nach Einsetzen der Formteile dieser ersten (Teil-)Lage der Wicklung werden in einem zweiten - nicht dargestellten - Verfahrensschritt die abgeflachten Laschen 26' und 26 durch Laserschweißen mit den darunterliegenden Stromschienen verbunden.

Wie in Fig. 10c dargestellt, werden daraufhin von der gegenüberliegenden (in der Zeichnung unten liegenden) Stirnseite in die übriggebliebenen Nuten je ein Formteil 2 in Richtung des Pfeils Q eingesetzt, und zwar derart, daß die Verbindungsleiter 6b der Formteile 2 in der Zeichnung nach rechts zeigen.

Die abgeflachten Laschen 10b am freien Ende der Nutstäbe 8b der Formteile 2 kommen jeweils auf dem freien Ende eines Verbindungsleiters 6 eines Formteils 3 zu liegen. Sind alle Formteile 2 dieser Wicklungslage eingesetzt, werden die abgeflachten Laschen 10b mit den darunterliegenden freien Enden der Formteile 6 laserverschweißt. In der hier dargestellten Ausführungsform der Wicklung weisen die abgeflachten Laschen 10b Schlitz 11 auf, durch die der Laserstrahl beim Verschweißen direkt auf den Verbindungsleiter 6 eines Formteils 3 trifft.

Fig. 10c zeigt den Ständerkörper am Ende des darauffolgenden Verfahrensschritts, in dem von der in der Zeichnung oben liegenden Stirnseite des Ständerkörpers in jede zweite Nut 1, 3, 5, 7, etc. Formteile 1 in Richtung des Pfeils P eingeschoben werden, so daß sie genau über den in Schritt 1 eingesetzten Formteilen 3 zu liegen kommen. Die abgeflachten Laschen 10a der Formteile 1 liegen jeweils auf dem freien Ende eines Verbindungsleiters 6 eines der in Schritt 3 eingesetzten Formteile 2. Nachdem alle Formteile 1 eingesetzt sind, werden die abgeflachten Laschen 10a der Formteile 1 mit den darunterliegenden Verbindungsleitern 6 der Formteile 2 laserverschweißt.

Die in Fig. 10b und 10c dargestellten Verfahrensschritte werden so lange wiederholt, bis die Nuten mit Ausnahme der obersten Wicklungslage mit Nutstäben aufgefüllt sind. Dann wird anstatt des in Fig. 10b gezeigten Schritts, bei dem von der unteren Stirnseite Formteile vom Typ 2 eingesetzt werden, U-förmige Formteile vom Typ 4 eingesetzt, wie in Fig. 11 gezeigt. In der Zeichnung sind noch nicht alle U-Formteile vollständig eingeschoben. Die schraffiert dargestellten U-Formteile 4 weisen jeweils zwei Nutstäbe 8b und 8b' auf, die in die Nuten 2 und 8, 4 und 10, 6 und 12 eingesetzt werden. In jeder zweiten Nut liegt also ein Nutstabschenkel eines U-Formteils. Die Verbindungsleiter 7 der U-Formteile sind auf der unten liegenden Stirnseite des Ständerkörpers ebenso schuppenartig übereinandergeschichtet wie die Verbindungsleiter 6 der L-Formteile. Die Verbindungsleiter 7 sind aber jeweils um einen Nutabstand länger ausgebildet als die Verbindungsleiter 6 der L-Formteile. Daher kommen die abgeflachten Laschen 10b der Nutstäbe 8b, 8b'

der U-Formteile jeweils auf den freiliegenden Enden von zu verschiedenen Spulen gehörenden Verbindungsleitern 6a von Formteilen 1 zu liegen und werden in einem letzten Verfahrensschritt mit diesen durch Laserschweißen verbunden.

5 Durch die U-Formteile werden jeweils zwei wendelförmige Spulen in Reihe geschaltet. Dies wird im Folgenden im Zusammenhang mit Fig. 12 näher erläutert. Wie vorstehend erwähnt, zeigt Fig. 12 eine stark schematisierte Darstellung einer Draufsicht auf eine Stirnseite eines bewickelten Ständerkörpers, und zwar die in den Fig. 10 und 11 unten liegende Stirnseite. Fig. 12
10 zeigt die Rücken der in mehreren Lagen 30 übereinandergeschichteten Verbindungsleiter 6b. Zur besseren Veranschaulichung ist die aktuelle Stromrichtung in einem der Stränge durch Pfeile gekennzeichnet. Der als durchgezogene Linie eingezeichnete Strang U beginnt mit einem Anschluß an eine Stromschiene bei Punkt A. Von dort wird der Strang in einer wendelförmigen Spule
15 50 über vier Wicklungslagen bzw. vier Verbindungsleiterlagen 30 zum Nutkopf geführt. Die gepunktete Linie stellt einen Verbindungsleiter 6 auf der gegenüberliegenden Stirnseite des Läuferkörpers dar. Mit diesem Verbindungsleiter wird ein U-Formteil verbunden, dessen Verbindungsleiter 7 auf der gezeigten Stirnseite verläuft. Durch das U-Formteil werden zwei gleich aufge-
20 baute Spulen 50 und 52 derart in Reihe geschaltet, daß der Strom durch die beiden Spulen gegensinnig fließt, wie durch die Pfeilrichtungen deutlich wird. In der wendelförmigen Spule 52 fließt der Strom demnach in dem gezeigten Augenblick vom Nutkopf zum Nutboden, während er in der Spule 50 von Nutboden zum Nutkopf fließt. Bei Punkt B ist der Strang an den Sternpunkt
25 angeschlossen. Auch die beiden anderen, gestrichelt bzw. strichpunktiert gezeichneten Stränge weisen Anschlüsse an die Stromschienen sowie entsprechende U-Formteile mit Verbindungsleitern 7 auf, die in Fig. 12 nicht eingezeichnet sind.

Fig. 13 zeigt das Wickelschema, nach dem die in den Fig. 1 bis 12 gezeigte Wicklung ausgeführt ist. Es zeigt, wie die einzelnen Spulen in den Nuten des Ständerkörpers verteilt sind, wobei bei dieser Wicklung in jeder Nut
30

nur eine Spulenseite liegt (Einschichtwicklung). Das Wickelschema wiederholt sich alle 12 Nuten. Die Wicklung ist als Dreiphasenwicklung (Drehstromwicklung) mit zwei Nuten je Pol und Strang (Zwei-Loch-Wicklung) ausgeführt. Daraus ergibt sich eine Polteilung von sechs, d.h. die magnetischen Pole liegen in einem Abstand von sechs Nuten zueinander. In einer Durchmesserwicklung wäre demnach auch die Spulenweite, d.h. der in Nuten ausgedrückte Abstand der beiden Spulenseiten einer Spule, gleich sechs. Bei der in Fig. 13 gezeigten Wicklung ist die Spulenweite aber kleiner als die Polteilung, nämlich gleich fünf, es handelt sich also um eine sog. gesehnte Wicklung. Durch die Sehnung wird hier erreicht, daß an den Stirnseiten des Ständerkörpers maximal die Wickelköpfe von drei Spulen aneinander vorbeigeführt werden. Für die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen der Wicklung bedeutet das, daß eine kompakt Wickelkopfanordnung erreicht wird, wenn die Dicke h der Verbindungsleiter ein Drittel oder weniger der Dicke H der Nutstäbe beträgt.

Zwecks Anschaulichkeit ist ein Strang V in Fig. 13 fett hervorgehoben. Die anderen Stränge U, W verlaufen entsprechend. Der Strang V umfaßt zwei in Reihe geschaltete Spulen 50, 52, die hier vereinfacht als geschlossene Ringe dargestellt sind - tatsächlich handelt es sich bei ihnen um Wendel mit z.B. acht Windungen. Die Spule 50 ist elektrisch einerseits mit der Stromschiene 44 für Strang V verbunden und andererseits über ein 6 Nuten überbrückendes Verbindungsstück 7, das z.B. Teil eines U-Formteils sein kann, mit der Spule 52. Diese ist elektrisch mit der mit Y gekennzeichneten Stromschiene für den Sternpunkt 40 verbunden. Die augenblickliche Stromrichtung ist durch Pfeile angegeben. Die beiden Spulen 50, 52 liegen mit ihren einander zugewandten Spulenseiten in benachbarten Nuten, so daß der Strom in den beiden benachbarten Nuten in die gleiche Richtung fließt. Zwischen den Spulenseiten einer Spule 50, 52 liegen jeweils 4 Spulenseiten von Spulen anderer Stränge.

Die Anordnung der Wickelköpfe geht aus dem Wickelschema der Fig. 13 nicht hervor. Werden die Verbindungsleiter jedoch wie vorstehend beschrieben kompakt geschichtet, so verbleiben kaum Zwischenräume in dem

dicht gepackten "Wickelkopfpaket". Die für die Reihenschaltung zweier Spulen benötigten Verbindungsstücke 7 befinden sich deshalb vorteilhaft entweder am Nutkopf oder am Nutboden, also am Rand des Wickelkopfpakets. Besteht die Wicklung im wesentlichen aus wendelförmigen Spulen, (also Spulen, bei denen sich die Verbindungsleiter in Radialrichtung nicht überschneiden), so werden durch ein Verbindungsstück 7 jeweils zwei Spulen 50, 52 derart in Reihe geschaltet, daß zu einem Zeitpunkt in der einen Spule der Strom in Richtung Nutkopf und in der anderen in Richtung Nutboden fließt. Da die beiden Spulen 50, 52 jedoch bei der oben beschriebenen Schichtung der Verbindungsleiter vom Aufbau her identisch sind, werden die beiden Spulen 50 und 52 durch das Verbindungsstück 7 so in Reihe geschaltet, daß der Strom durch die beiden Wendeln gegensinnig, also mit entgegengesetztem Drehsinn, fließt. Durch diese Hintereinanderschaltung befinden sich automatisch auch die Anschlüsse der Stränge zu den Stromschienen für die Stromzufuhr 42, 44, 46 sowie für den Sternpunkt 40 sämtlich auf einer radialen Seite des Wickelkopfpakets, und zwar auf der anderen Seite wie die Verbindungsstücke. Vorteilhaft sind auf dieser Seite auch die Stromschienen angeordnet.

Alternativ sind jeweils 4 oder eine andere gerade Anzahl von Spulen in Reihe geschaltet, wie in Fig. 14 gezeigt. Das Wickelschema der Fig. 14 gleicht dem der Fig. 13, mit dem einzigen Unterschied, daß jeweils zwei Paare in Reihe geschalteter Spulen wiederum durch ein weiteres Verbindungsstück 48 in Reihe geschaltet sind. Die Verbindungsstücke 48 können gleich ausgebildet sein wie die Verbindungsstücke 7; nach einer anderen Ausführungsform bilden sie - wie nachstehend genauer beschrieben - Sektoren einer zusätzlichen Stromschiene.

Fig. 15-20 zeigen Beispiele für kompakte Ausführungen des Stromschienenpakets. Die Stromschienen umlaufen den Ständer, so daß entlang der Umfangsrichtung mehrere parallelgeschaltete Spulen oder Spulengruppen an sie angeschlossen werden können. Da durch die der Stromzufuhr dienenden Stromschienen in der Regel ein hoher Strom fließt, weisen die Stromschienen zur Minimierung der ohmschen Verluste einen relativ großen Querschnitt auf

und nehmen daher viel Raum in Anspruch. Um die axiale Ausdehnung des Ständers möglichst klein zu halten, sind die Stromschienen in den gezeigten Beispielen in dem Bereich radial neben den Nutöffnungen an einer Stirnseite eines Ständerkörpers angeordnet. Bei der vorstehend beschriebenen kompakten Wickelkopfanordnung bleibt diese Fläche an den Stirnseiten nämlich oh-
5 nehin frei und kann daher platzsparend für die Stromzufuhr genützt werden. Die gezeigten Stromschienenpakete sind daher insbesondere zum Anschließen der vorstehend beschriebenen Wicklung geeignet, können aber prinzipiell mit jeder beliebigen Wicklung kombiniert werden.

10 Eine beispielhafte Anordnung der Stromschienen für eine Drehstromwicklung gemäß einer ersten Ausführungsform ist in Fig. 15 gezeigt. Die Stromschienen sind hier, wie gesagt, in Richtung der Nuttiefe unterhalb der Wickelköpfe angeordnet und über Anschlüsse 49 mit der Drehstromquelle verbunden. Die in Fig. 15 dargestellten Stromschienen sind in der Längsrich-
15 tung der Nuten, also in Axialrichtung, übereinandergeschichtet, so daß jede einzelne Stromschiene direkt an die radial innen liegenden Wickelköpfe anliegt. Die Verbindungsstellen 60, 62 zum Anschließen der Stränge an die Stromschienen sind daher auf der radialen Innenseite der Stromschienen angeordnet. Die Wicklung kann daher direkt und ohne weitere Verbindungsstücke mit den Stromschienen 40, 42, 44, 46 verbunden, z.B. verschweißt oder
20 verlötet werden, z.B. wenn die Wicklung teilweise aus speziellen Formteilen 3 mit verlängerten Laschen 26 am Nutstabende aufgebaut ist, die bis zu den Verbindungsstellen 60, 62 reichen.

Hierbei muß jedoch gewährleistet sein, daß jede verlängerte Lasche 26
25 nur eine der Stromschienen 40, 42, 44 oder 46 kontaktiert. Zu diesem Zweck sind die Stromschienen 42, 44, 46 mit einer elektrisch isolierenden Beschichtung versehen, welche an den Verbindungsstellen 62 Fenster aufweist, die derart zueinander versetzt sind, daß jede Lasche 26 maximal ein Fenster kontaktiert. Gemäß einer anderen, in Fig. 15, 17 und 18 gezeigten Variante wei-
30 sen die Stromringe an den Kontaktstellen 62 Erhöhungen, sog. Schweißbukkel 63 auf, welche radial nach innen ausragen. Wird eine verlängerte Lasche

26 mit einem Schweißbuckel 63 kontaktiert und verschweißt, wird sie somit gleichzeitig auf Abstand von den anderen Stromschienen gehalten. Der Schweißbuckel 63 wird z.B. in die Stromschienen 42, 44, 46 eingepreßt, indem die Stromschienen 42, 44, 46 an den Stellen, wo ein Schweißbuckel 63
5 entstehen sollen, in Axialrichtung gepreßt werden, so daß sich ein Buckel 63 aus verdrängtem Material auf der radial innen liegenden Seite der Stromschiene bildet. Das herausgedrängte Material kann z.B. die Form einer vorstehenden Fahne haben (siehe Fig. 18).

Die Wicklung ist aber ggf. nicht nur mit den Stromschienen für die
10 Stromzufuhr verbunden, sondern auch mit einer Stromschiene für die Verbindung der drei Stränge, dem sog. Sternpunkt. Alternativ können die Stränge auch im Dreieck geschaltet sein, so daß keine Stromschiene für den Sternpunkt benötigt wird. Da die Ströme in den drei Phasen einer Drehstromquelle jeweils um 120° zueinander phasenverschoben ist, ist die im Sternpunkt flie-
15 ßende Summe dieser Ströme zu jedem Zeitpunkt beinahe gleich null. Die Stromschiene für den Sternpunkt 40 weist daher, um Platz zu sparen, eine geringere Querschnittfläche auf als die Stromschienen 42, 44, 46 für die Stromzufuhr, und zwar ist sie in Axialrichtung dünner als die übrigen Stromschienen 42, 44, 46. Da die Sternpunkt-Stromschiene 40 in in Fig. 15 ge-
20 zeigten Beispiel zu dünn ist, daß an der inneren Radialfläche ein Formteil der Wicklung aufgeschweißt werden könnte, weist sie anstatt Schweißbuckeln 63 Laschen 60 auf, die sich in Axialrichtung über die radialen Innenflächen der anderen Stromschienen erstrecken. Auf diese Laschen 60 kann z.B. die verlängerte Lasche 26 eines Formteils 3 aufgeschweißt werden. Zur besseren
25 Anschaulichkeit ist die Stromschiene für den Sternpunkt 40 mit den Laschen 60 in Fig. 16 ohne die anderen Stromschienen dargestellt.

Das in Fig. 15 gezeigte Stromschienenpaket ist zum Anschließen einer Dreiphasenwicklung mit beliebigem Wickelschema geeignet. Das in Fig. 17 gezeigte Stromschienenpaket ist hingegen insbesondere zum Anschließen der
30 Ausführungsform einer Drehstromwicklung mit jeweils vier in Reihe geschalteten Spulen geeignet. Es weist die gleichen Komponenten auf wie das in Fig.

15, insbesondere drei axial geschichtete Stromschienen 42, 44, 46 zum Anschließen der Wicklung an die elektrische Stromzufuhr, welche jeweils als Schweißbuckel 63 ausgebildete Verbindungsstellen 62 aufweisen, sowie eine Stromschiene 40 für den Sternpunkt, welche mit Laschen 60 ausgerüstet ist, die sich über die radiale Innenfläche zumindest einer der Stromschienen erstrecken. Zusätzlich weist es noch eine weitere Schiene, nämlich eine Sektorstück-Stromschiene 48 auf, welche auf der radial innen liegenden Seite des Stromschienenpakets angeordnet ist, wobei die Verbindungsstellen 60 und 62 der übrigen Stromschienen 40, 42, 44, 46 durch entsprechende Ausnehmungen in der Sektorstromschiene 48 zugänglich und mit der Wicklung kontaktierbar sind. Die Sektorstück-Stromschiene 48 ist nicht durchgehend, sondern besteht aus elektrisch voneinander isolierten Sektorstücken. Diese bilden jeweils die im Wickelschema der Fig. 14 mit 48 gekennzeichneten Verbindungsstücke zwischen zwei Paaren von in Reihe geschalteten Spulen. Hierfür werden mit den beiden Enden eines Sektors 48 die verlängerten Laschen 26 von Formteilen 3 der zu verschiedenen Spulenpaaren gehörenden Spulen 52 und 54 verschweißt.

Gemäß einer anderen Ausführungsform sind die Stromschienen nicht axial, sondern radial übereinandergeschichtet, wie in Fig. 19a gezeigt. In dieser Anordnung ist nur eine Stromschiene 46 direkt an die Wickelköpfe angrenzend angeordnet, während die anderen Stromschienen 42, 44 keinen direkten Zugang zur Wicklung haben. Daher sind alle Stromschienen mit Laschen 61 ausgerüstet, welche radial nach innen, ggf. über andere Stromschienen oder über die Wickelköpfe ragen. Zum Anschließen der Wicklung werden diese Laschen 61 z.B. an ihrem Ende nach innen umgebogen und die verlängerte Lasche 26 eines Formteils 3 auf das umgebogene Ende aufgeschweißt. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel kann eine in Sektoren unterteilte Stromschiene 48 radial auf der Innenseite des Stromschienenpakets angeordnet werden, oder eine Stromschiene für den Sternpunkt radial auf der Innenseite oder axial über den anderen Stromschienen 42, 44, 46 untergebracht werden. Die Stromschienen können z.B. durch Ausschneiden eines

Rings aus einer Platte hergestellt werden. Hierbei fällt jedoch relativ viel Verschnitt an. Bevorzugt werden die Stromschienen daher durch Biegen aus einem Stab mit geeignetem Querschnitt hergestellt oder aus einzelnen Ringsektoren zusammengesetzt. Fig. 19b zeigt eine solche aus einzelnen Ringsektoren zusammengesetzte Stromschiene 40, 42, 44, 46. Die Sektoren werden
5 bevorzugt durch Preßpassen miteinander verbunden, indem z.B. Fortsätze 47 in entsprechende Ausnehmungen in den Sektorenden eingepreßt werden. Vorteilhaft werden die Stromschienen derart zu einem Paket zusammengesetzt, daß die Verbindungsstellen zwischen den Sektoren von übereinander
10 liegenden Stromschienen gegeneinander versetzt sind, um die Stabilität des Stromschienenpakets zu erhöhen.

Fig. 20 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Wicklung in einem Ständer einer elektrischen Radialfeldmaschine mit einem Stromschienenpaket, welches etwa dem in Fig. 19 gezeigten entspricht. Die raumsparende Ausnützung des
15 Platzes auf der Stirnseite des Ständerkörpers 32 wird hier sehr deutlich, ebenso wie die verschränkte Anordnung der Verbindungsleiter 6 überlappend der Spulen.

Die in den Ausführungsbeispielen beschriebenen Wicklungen sind mit nur wenigen verschiedenen, einfachen Formteilen herstellbar und zeichnen
20 sich durch eine raumsparende Anordnung der Wickelköpfe aus.

PATENTANSPRÜCHE

1. Wicklung für eine elektrische Maschine mit einem Ständer und/oder Läufer mit Nuten (34), wobei die Wicklung mehrere überlappende Spulen (50, 52, 50', 52', 50'', 52'') mit wenigstens einer vollständigen Windung umfaßt, die an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers liegende Verbindungsleiter aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleiter (6) von überlappenden Spulen (50, 52, 52', 50'', 52'') verschränkt und somit in Lagen (28, 30) angeordnet sind.
5
2. Wicklung für eine elektrische Maschine mit einem Ständer und/oder Läufer (32) mit Nuten (34), insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung zumindest teilweise aus L-förmigen Formteilen (1, 2, 3) aufgebaut ist, wobei jeweils ein Schenkel eines L-förmigen Formteils einen in einer Nut liegenden Nutstab (8a, 8b) und der andere Schenkel einen an einer Stirnseite des Ständers bzw. Läufers liegenden Verbindungsleiter (6a, 6b) bildet.
10
3. Wicklung für eine elektrische Maschine mit einem Ständer und/oder Läufer mit Nuten (34), insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Wicklung mehrere Spulen umfaßt, die aus in den Nuten liegenden Nutstäben (8) und aus an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers liegenden Verbindungsleitern (6) aufgebaut sind, wobei die Verbindungsleiter (6) flacher als die Nutstäbe (8) ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung als eine gesehnte Mehrphasenwicklung mit 2 Nuten (34) pro Pol und Strang ausgeführt ist.
15
20
4. Wicklung für eine elektrische Maschine mit einem Ständer und/oder Läufer mit Nuten (34), insbesondere nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Wicklung mehrere Spulen (50, 52, 50', 52', 50'', 52'') umfaßt, die aus in den Nuten liegenden Nutstäben (8) und aus an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers liegenden Verbindungsleitern (6) aufgebaut
25

sind, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Spulen (50,52) in Reihe geschaltet sind, wobei der Strom eine der Spulen (50) in Richtung Nutkopf und die andere Spule (52) in Richtung Nutboden durchfließt.

- 5 5. Wicklung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei hintereinander geschaltete Spulen (50, 52) durch ein U-förmiges Verbindungsstück (4) in Reihe geschaltet sind, welches von zwei Nutstabschenkeln (8b, 8b') und einem Verbindungsleiterabschnitt (7) gebildet wird.
- 10 6. Wicklung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom durch zwei hintereinander geschaltete Spulen (50, 52) mit entgegengesetztem Drehsinn fließt.
7. Wicklung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfänge (26) der Spulen sämtlich auf der - in Richtung der Nut-
15 tiefe - gleichen Seite der Verbindungsleiter (6) angeordnet sind.
8. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleiter (6) flacher und breiter als die Nutstäbe (8) ausgebildet sind.
9. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei überlappenden Spulen (50, 52, 50', 52', 50'', 52'')
20 die Verbindungsleiter (6) um so viel flacher als die Nutstäbe (8) ausgebildet sind, daß die zu einer Lage von Nutstäben (8) gehörende Lage (28, 39) von Verbindungsleitern (6) nicht höher als ein Nutstab (8) ist.
10. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleiter (6) an den Stirnseiten des Ständers
25 bzw. Läufers jeweils schräg zu der Verbindungslinie der beiden Nuten

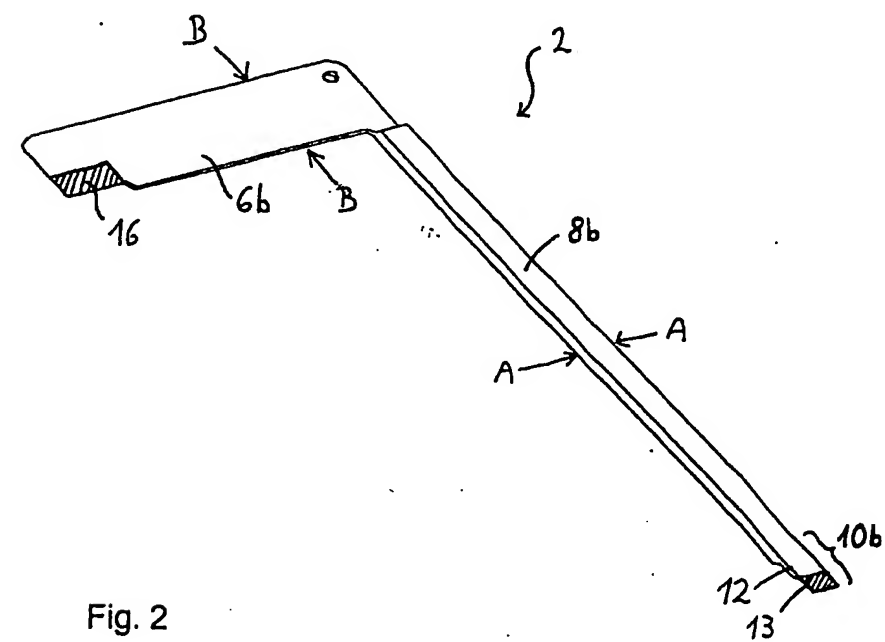
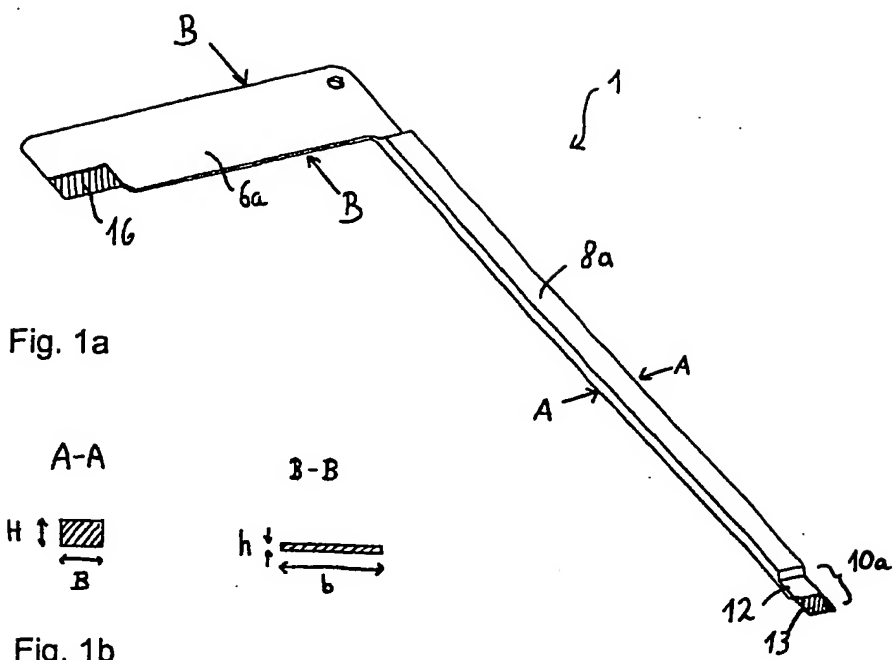
(34), deren Nutstäbe (8) durch die jeweiligen Verbindungsleiter (6) verbunden sind, verlaufen.

- 5 11. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Spule (50, 52, 50', 52', 50'', 52'') dadurch gebildet ist, daß die auf einer Stirnseite gelegenen Verbindungsleiter (6a) Nutstäbe (8a, 8b) der gleichen Lage verbinden und die auf der anderen Stirnseite gelegenen Verbindungsleiter (6b) Nutstäbe (8a, 8b) aus - in Richtung der Nuttiefe - übereinanderliegenden Lagen.
- 10 12. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Formteile aus mehreren Schichten aufgebaut sind.
13. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die L-förmigen Formteile (1, 2, 3) aus zwei stabförmigen I-Formteilen mit unterschiedlicher Querschnittsform und/oder Querschnittsfläche hergestellt sind.
- 15 14. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Nutstäbe (8a, 8b) der L-förmigen Formteile an ihrem freien Ende eine abgeflachte Lasche (10a, 10b) aufweisen.
- 20 15. Wicklung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleiter (6a, 6b) der L-förmigen Formteile an ihrem freien Ende eine Verbindungsstelle (16) aufweisen, auf die zum Verbinden mit einem zweiten Formteil die abgeflachte Lasche (10a, 10b) des zweiten Formteils aufsetzbar ist.
- 25 16. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einem Nutstab (8) und dem mit diesem verbundenen Verbindungsleiter (6) keine Kröpfung in Richtung der Nuttiefe (8) vorhanden ist.

17. Wicklung nach einem der Ansprüche 3 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung als dreiphasige Zweilochwicklung mit einer Spulenweite von 5 Nuten ausgeführt ist.
18. Wicklung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere parallelgeschaltete Spulen oder Spulengruppen an einer umlaufenden Stromschiene angeschlossen sind.
19. Verfahren zur Herstellung einer Wicklung nach einem der Ansprüche 1 bis 18 für einen Ständer oder Läufer einer elektrischen Maschine, gekennzeichnet durch mehrmaliges Durchlaufen der folgenden Schritte:
(a) Einsetzen von Formteilen (1, 2, 3) in die Nuten des Ständers oder Läufers, bis eine ganze oder ein Teil einer Wicklungslage eingesetzt ist, und (b) Verbinden der in Schritt (a) eingesetzten Formteile mit Stromschienen (42, 22, 46) oder mit in einem vorherigen Durchlauf eingesetzten Formteilen (1, 2, 3).
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß L-förmige Formteile (1, 2, 3) von den Stirnseiten in die Nuten (34) des Ständers bzw. Läufers (32) eingesetzt werden und zu einer Wicklung verbunden werden, indem jeweils das freie Ende des Nutstabschenkels (8) eines ersten Formteils (1) mit dem Verbindungsleiterschlenkel (6) eines von der gegenüberliegenden Stirnseite eingesetzten Formteils (2) verbunden, insbesondere verschweißt, wird.
21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die in Anspruch 19 genannten Schritte wiederholt werden, bis zumindest einige Nuten bis auf eine Wicklungslage gefüllt sind, und daraufhin in diese Nuten Formteile (4) eingesetzt werden, die zum Verschalten der Spulen (50, 52) geeignet sind.

22. Formteilsatz zur Herstellung einer Wicklung für eine elektrische Maschine, welcher einen Typen eines L-förmigen Formteils oder zwei Typen von L-förmigen Formteilen umfaßt (1, 2), deren Verbindungsleiter-schenkel (6a, 6b) flacher als die Nutstabschenkel (8a, 8b) ausgebildet sind.
23. Formteilsatz nach Anspruch 22 mit zwei Typen von L-förmigen Formteilen, von denen ein Typ dazu ausgebildet ist, eine Verbindung in ein und derselben Wicklungslage zu bilden, während der andere dazu ausgebildet ist, eine Überführung von einer Wicklungslage in die nächste zu bilden.
24. Formteilsatz nach Anspruch 22 oder 23, der zusätzlich einen Typ eines Formteils (4) zur Verbindung von zwei hintereinandergeschalteten Spulen (50, 52) umfaßt.
25. Formteilsatz nach einem der Ansprüche 22 bis 24, der einen weiteren Typ eines Formteils (3) zum Anschluß einer Spule an eine Stromzuführung umfaßt.
26. Wicklung für eine elektrische Maschine, wobei die Wicklung aus nur einem oder zwei Formteiltypen (1, 2) nach Anspruch 22 oder 23 aufgebaut ist und die Wicklung ggf. zusätzlich ein oder zwei weitere Formteiltypen (3, 4) nach Anspruch 24 oder 25 zum Verschalten der Wicklung aufweist.

1/15



2/15

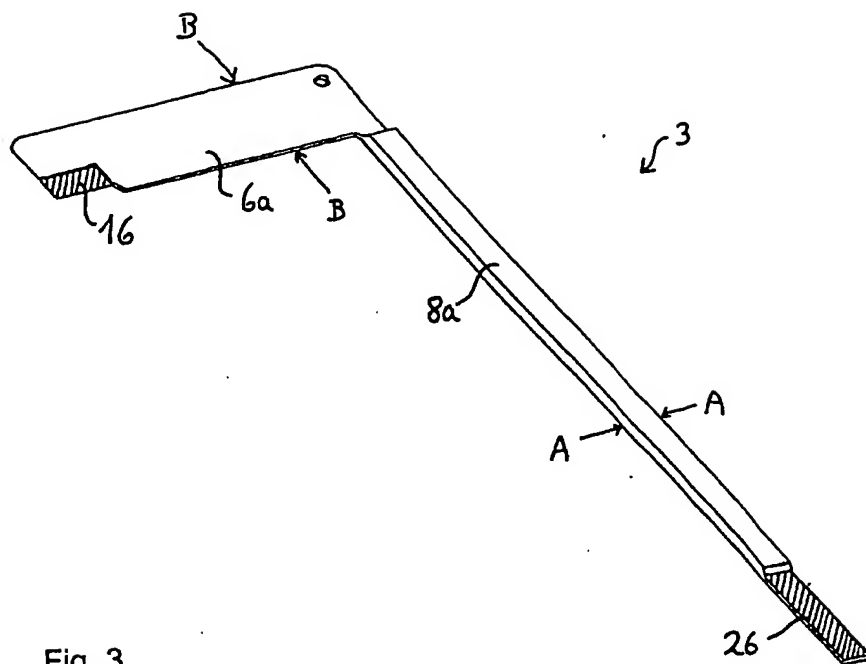


Fig. 3

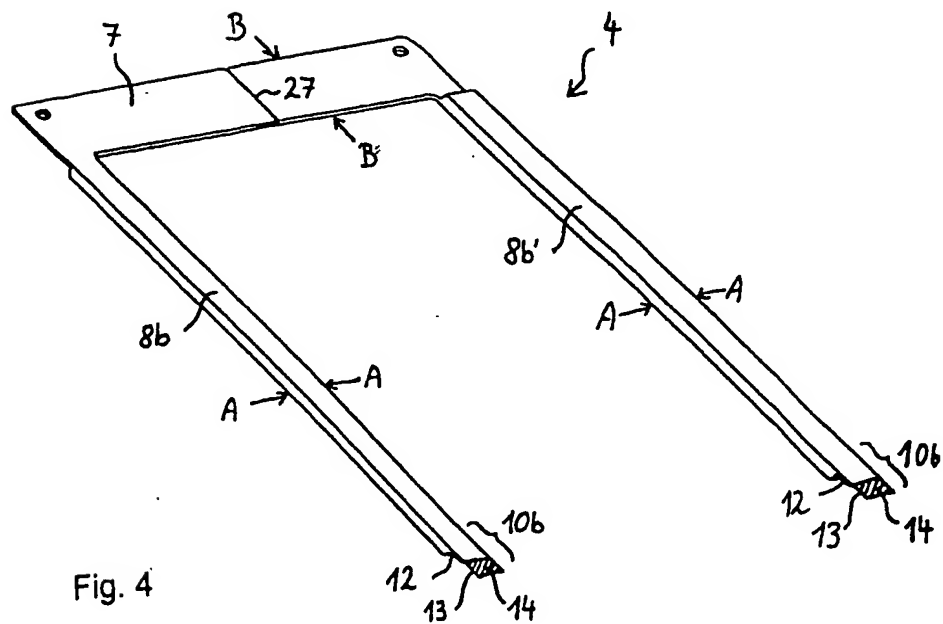
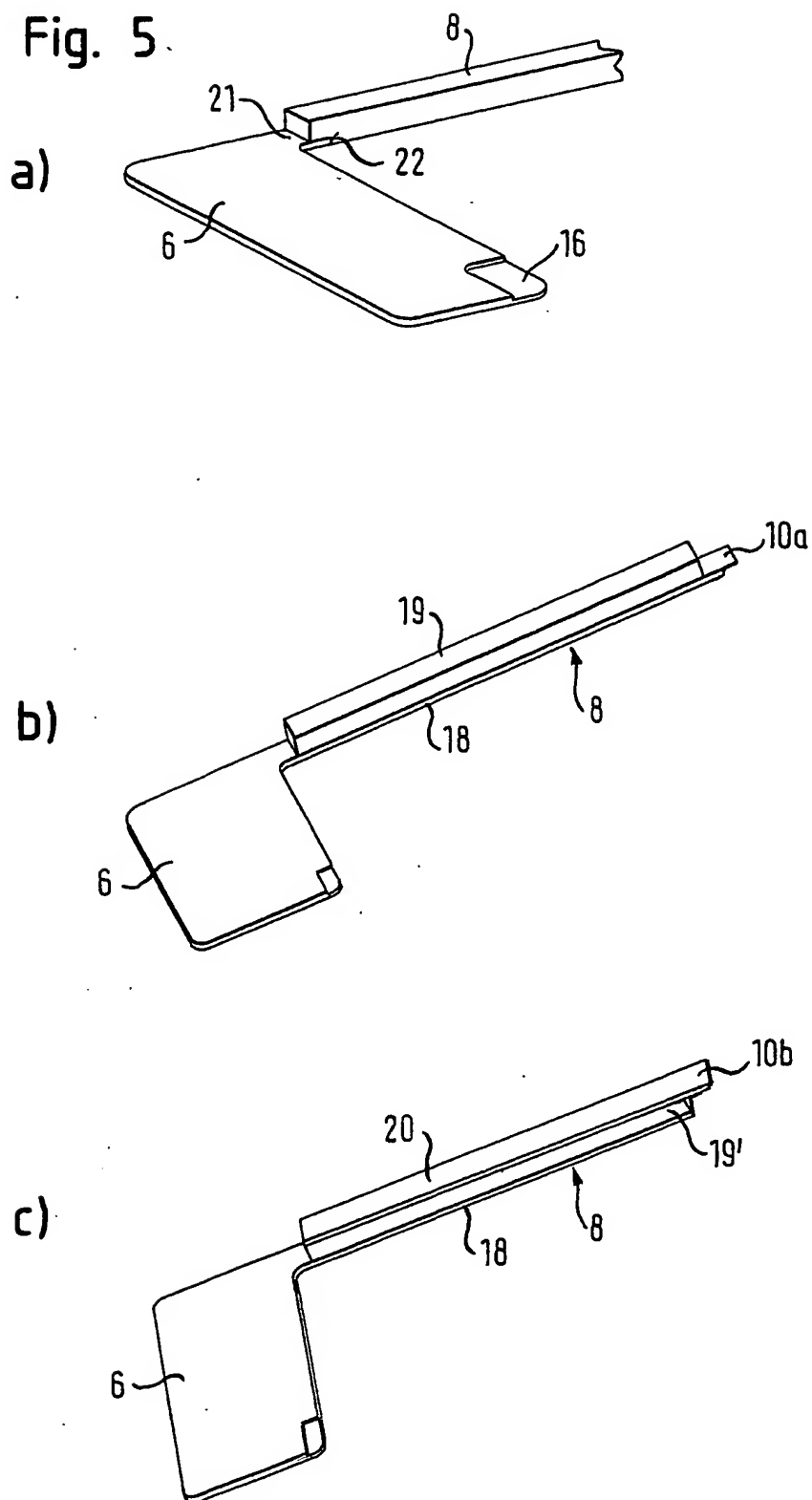


Fig. 4

Fig. 5



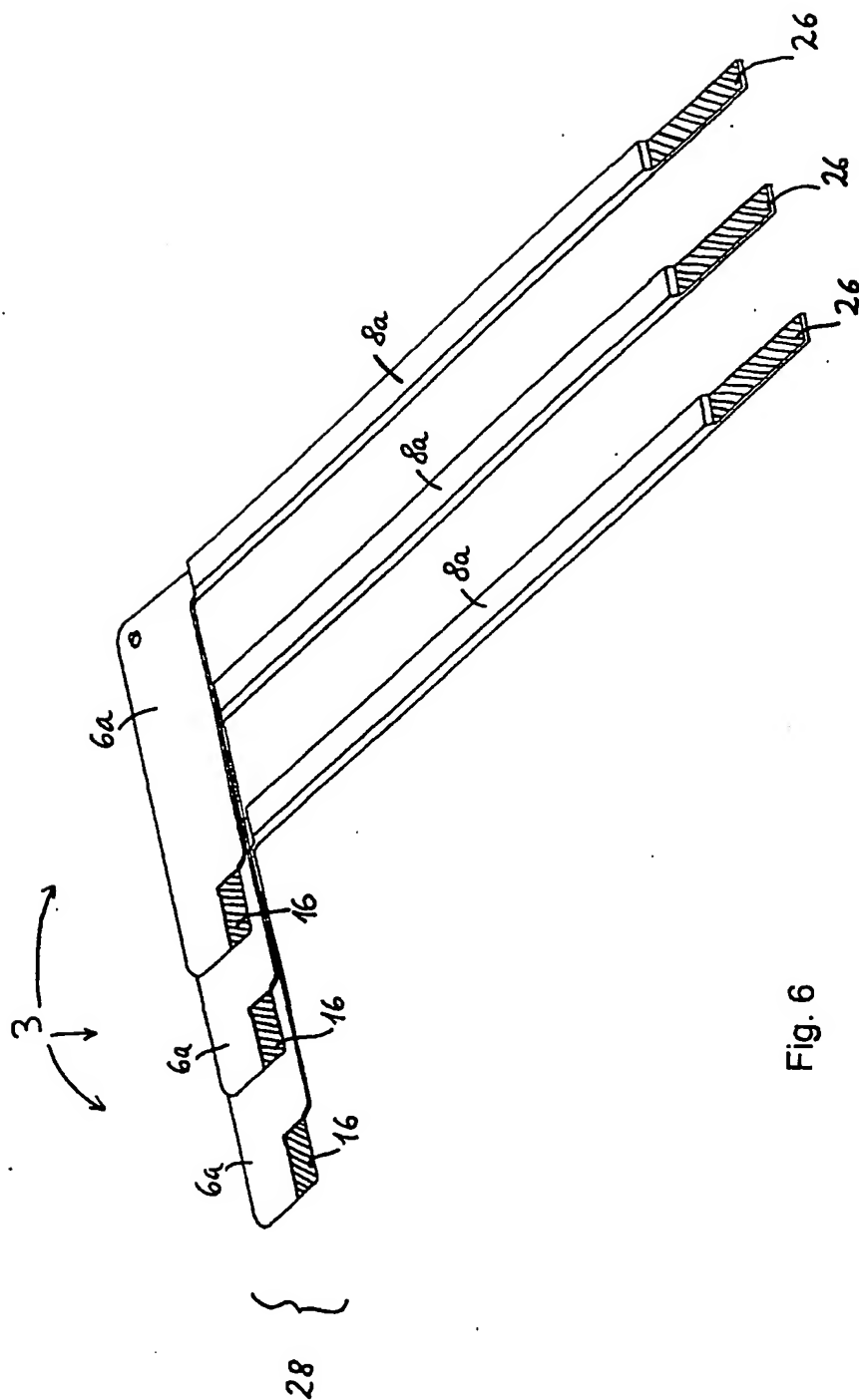


Fig. 6

5/15

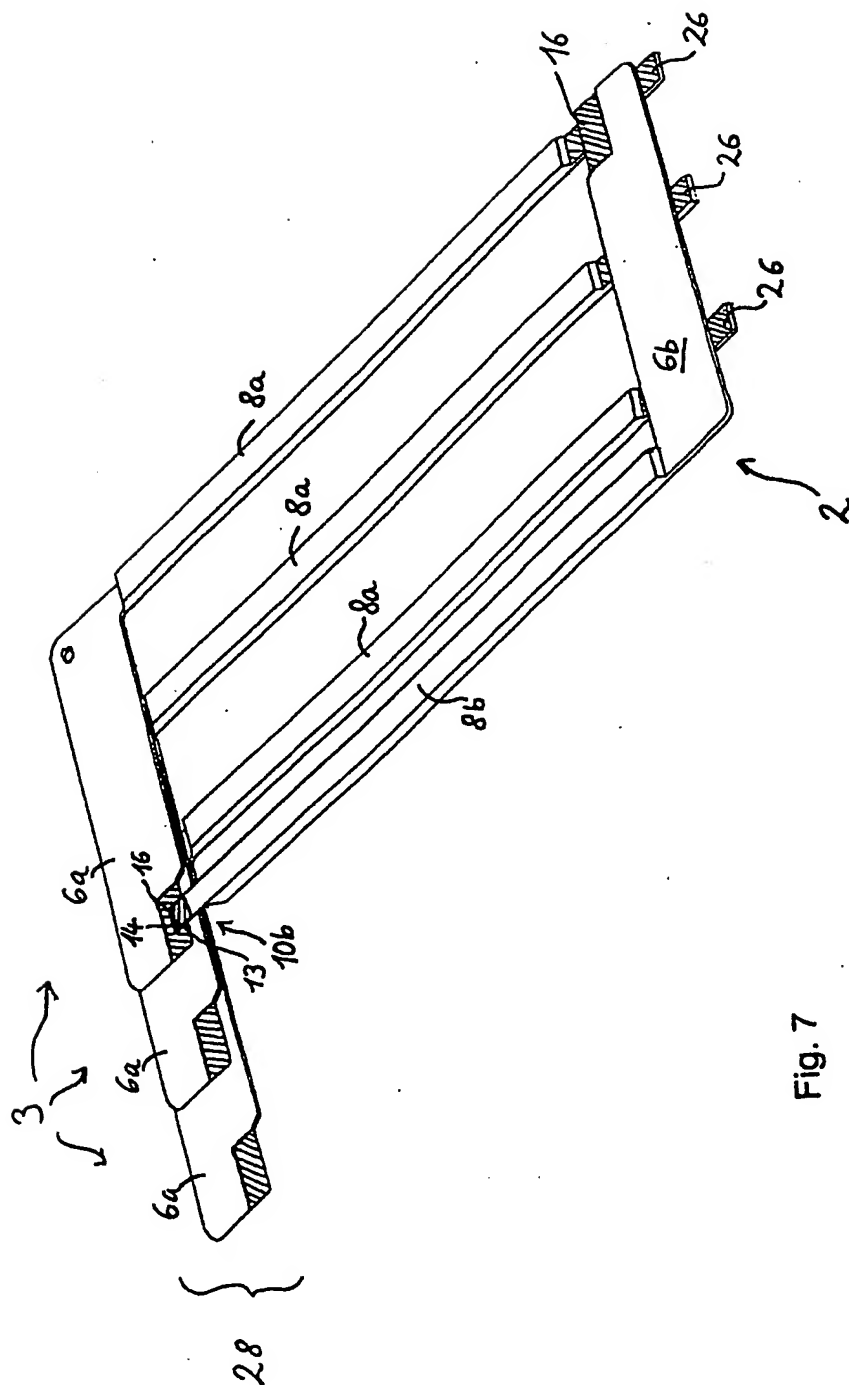


Fig. 7

6/15

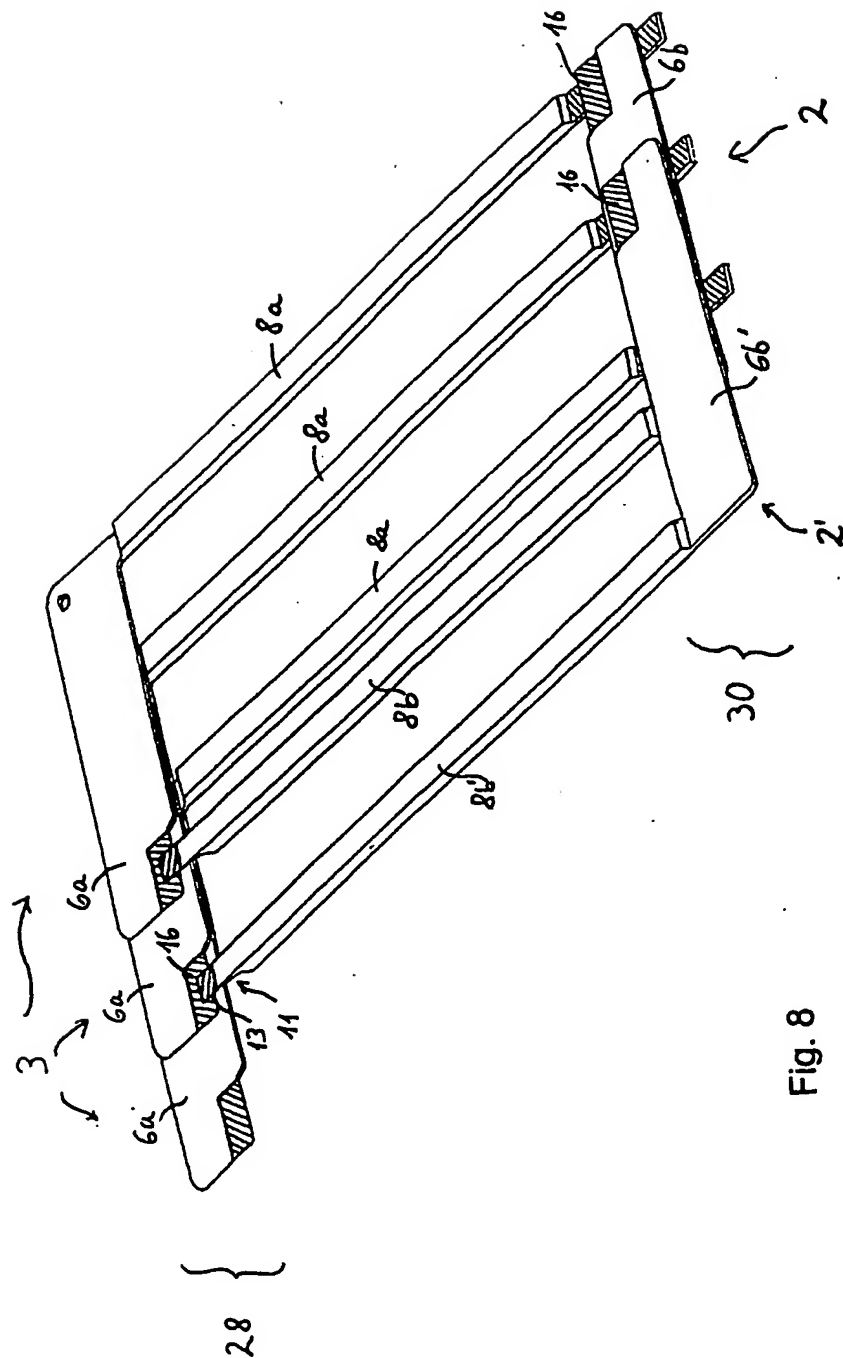
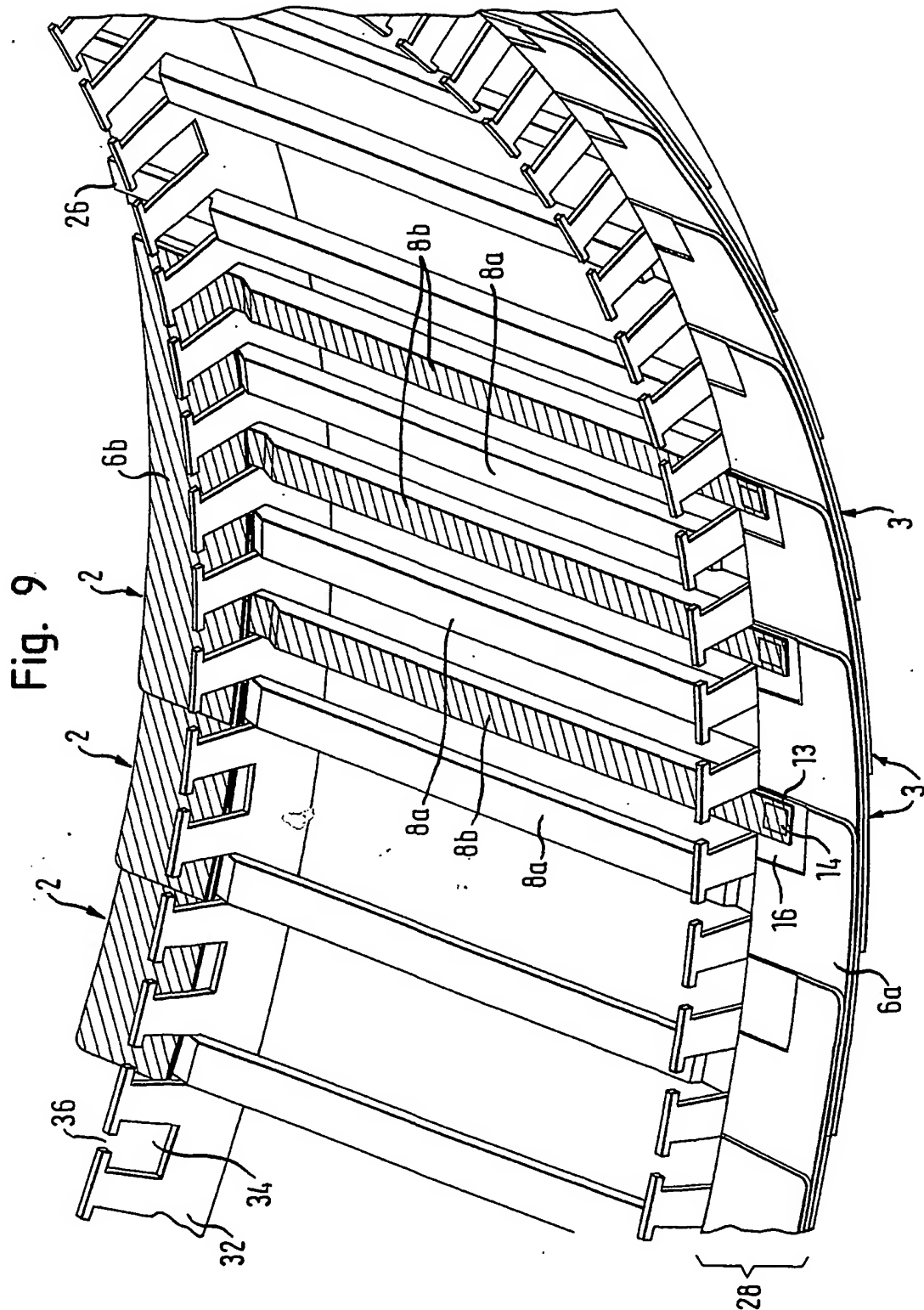


Fig. 8

7/15



8/15

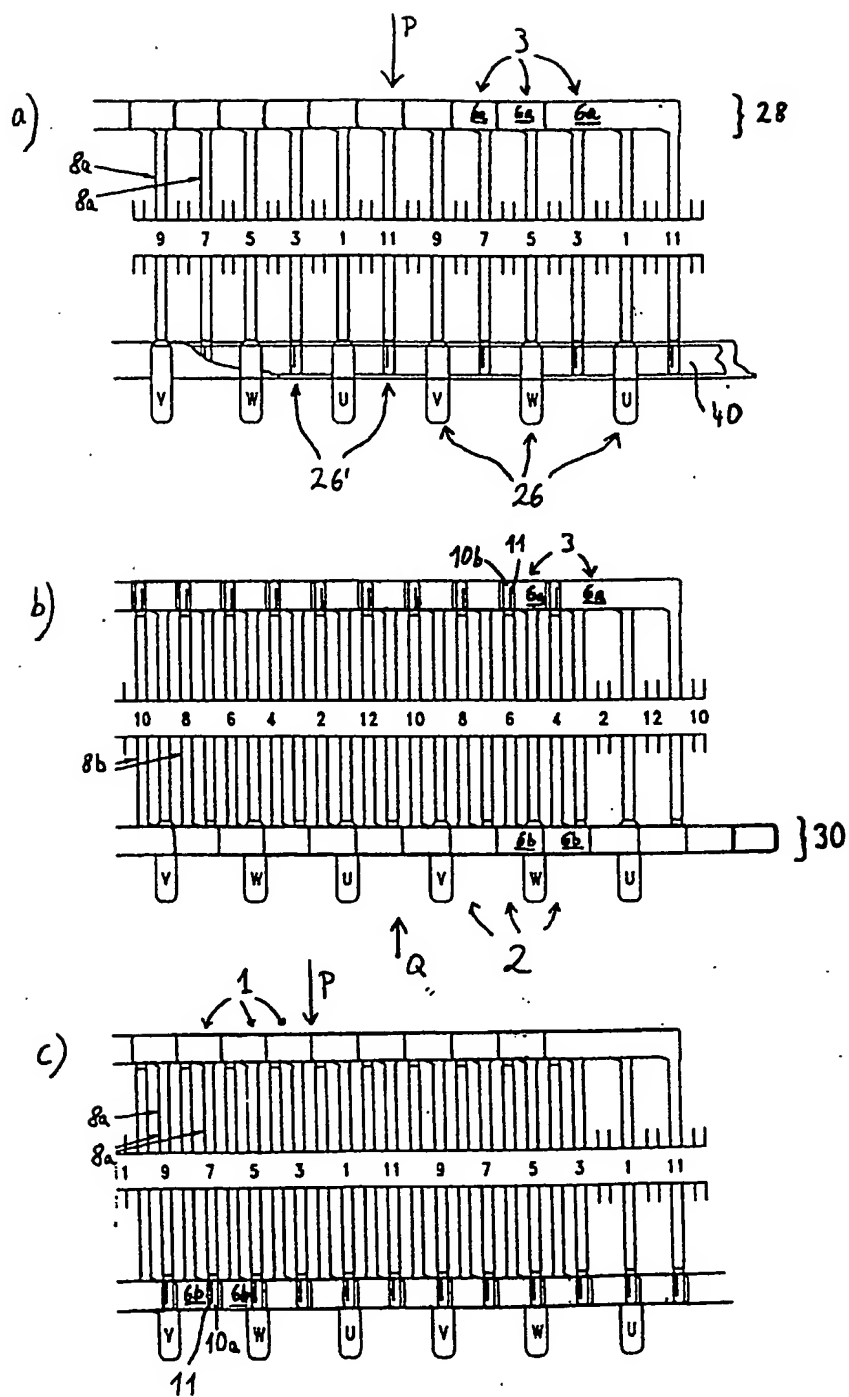


Fig. 10

9/15

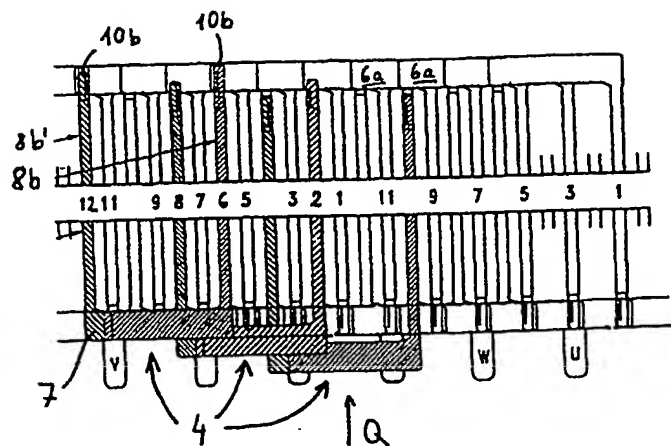


Fig. 11

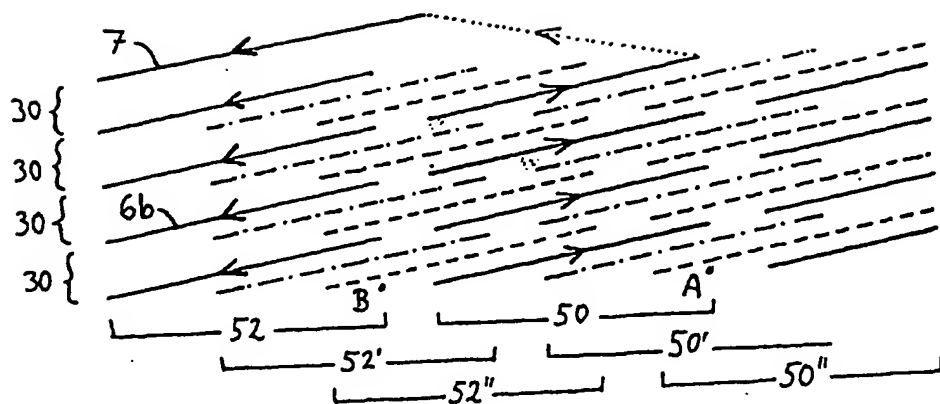
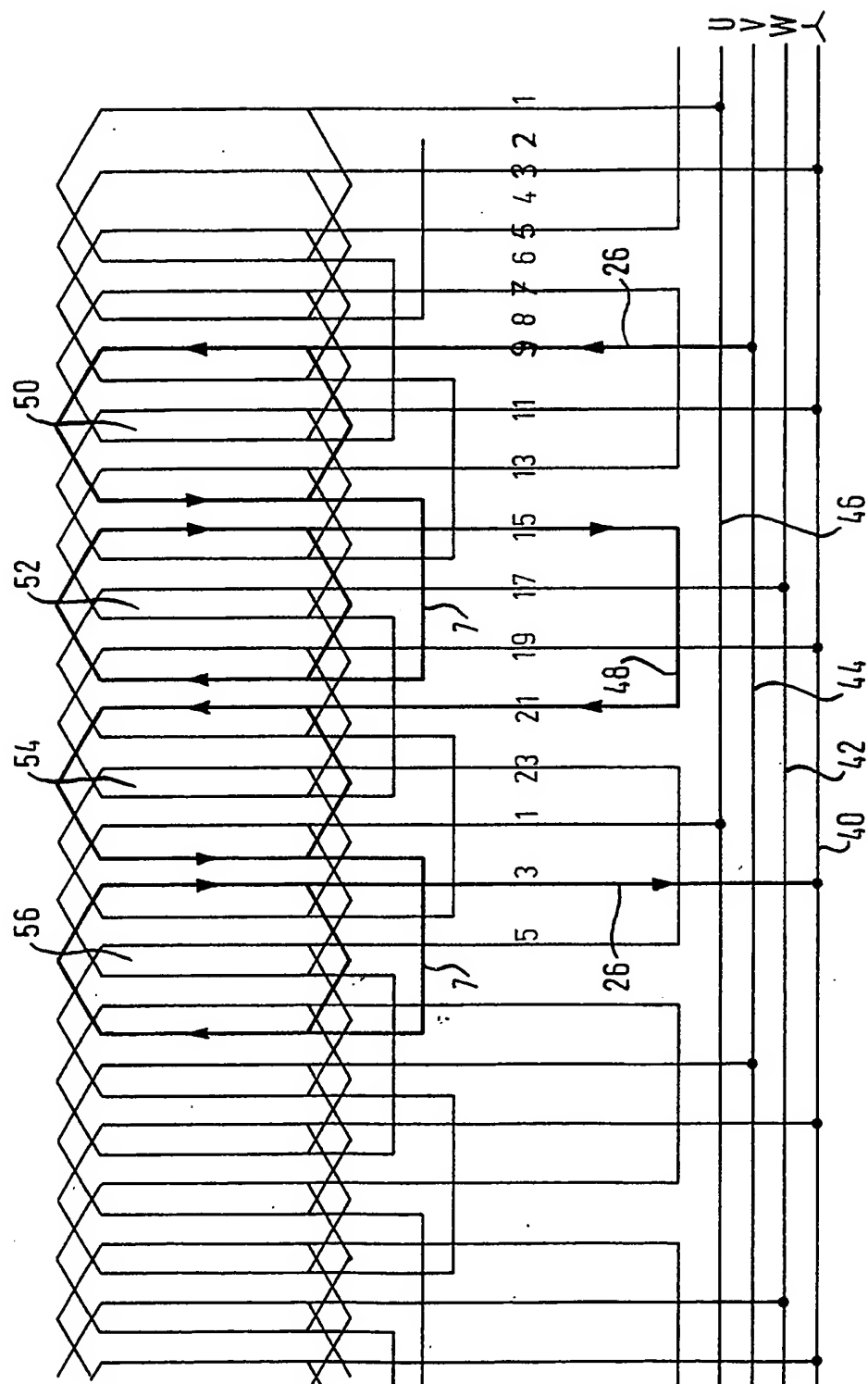
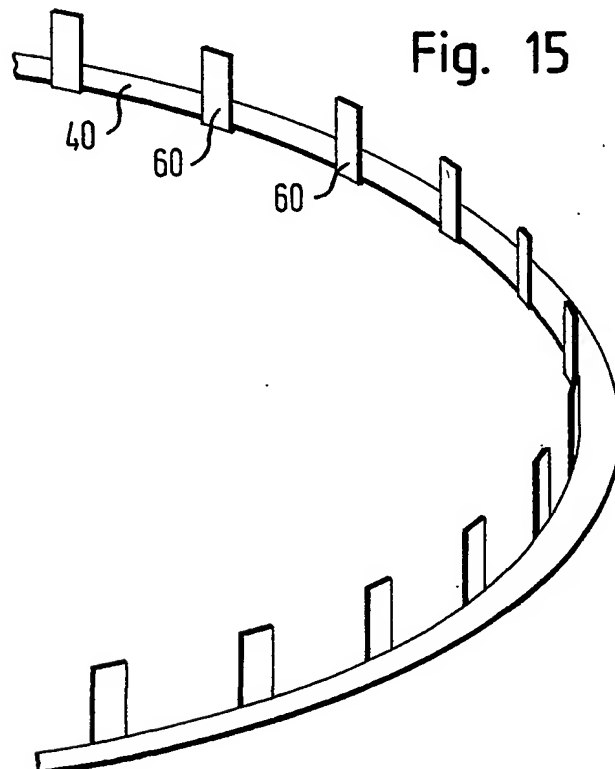
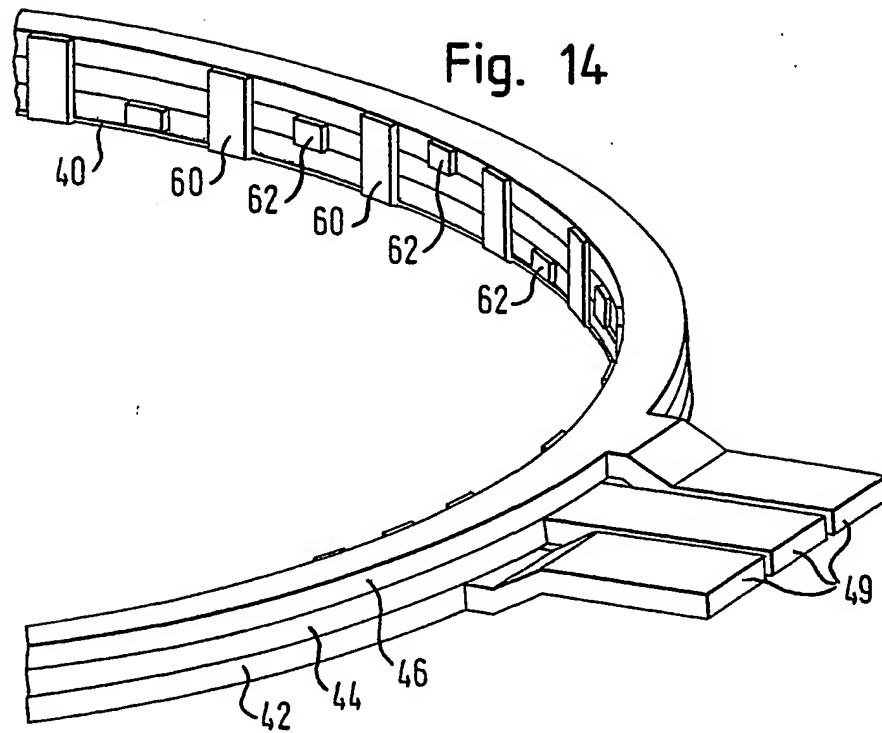


Fig. 12

Fig. 13



11/15



12/15

Fig. 16

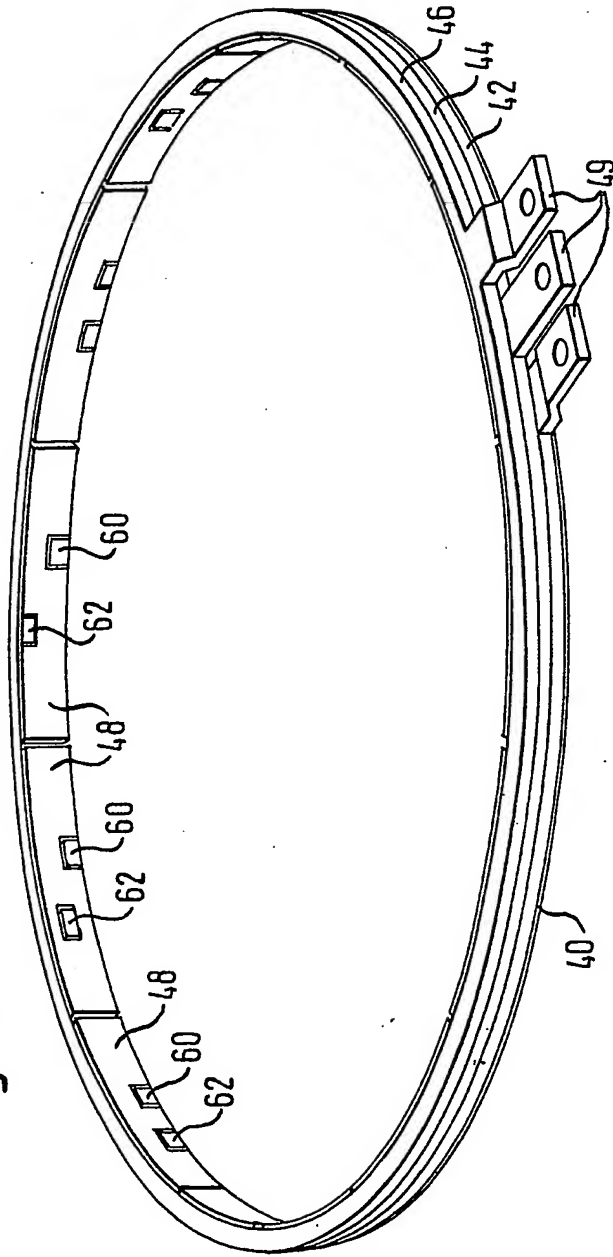


Fig. 17

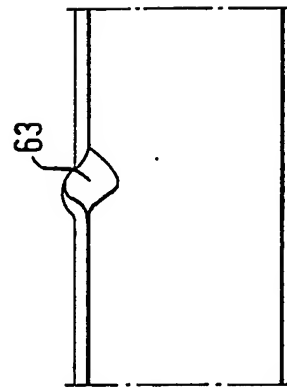


Fig. 18a

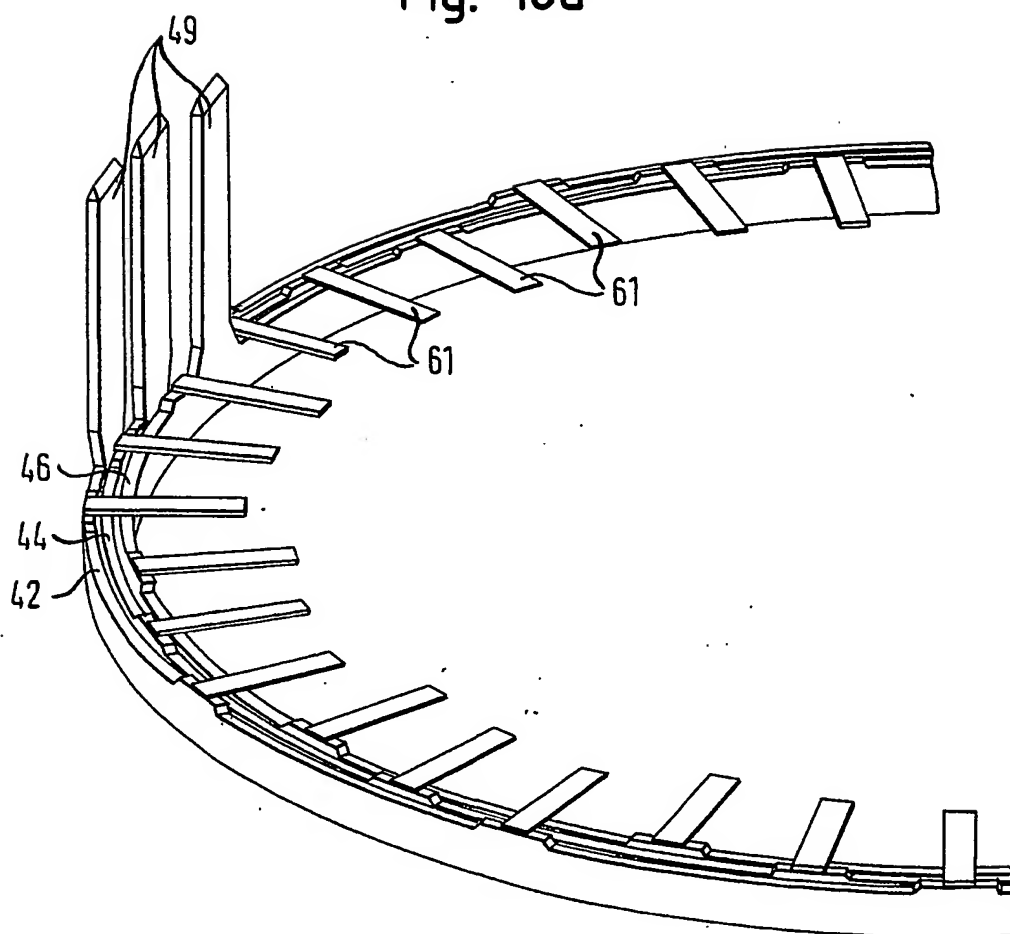


Fig. 18b

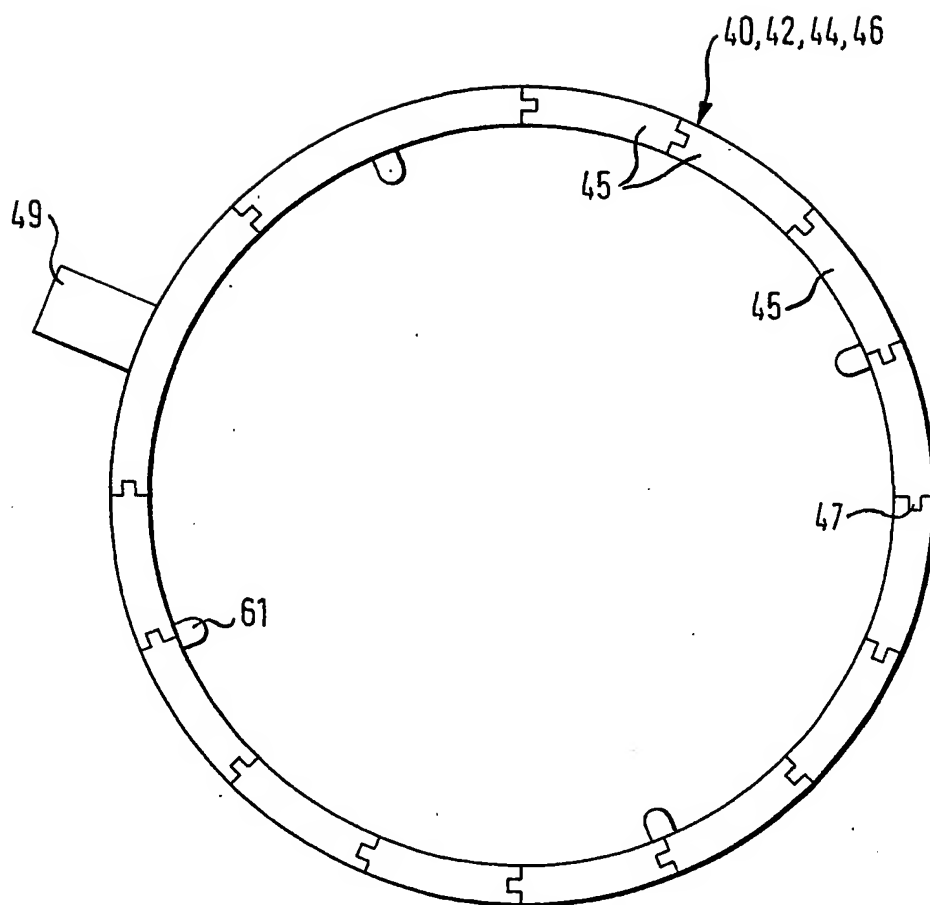
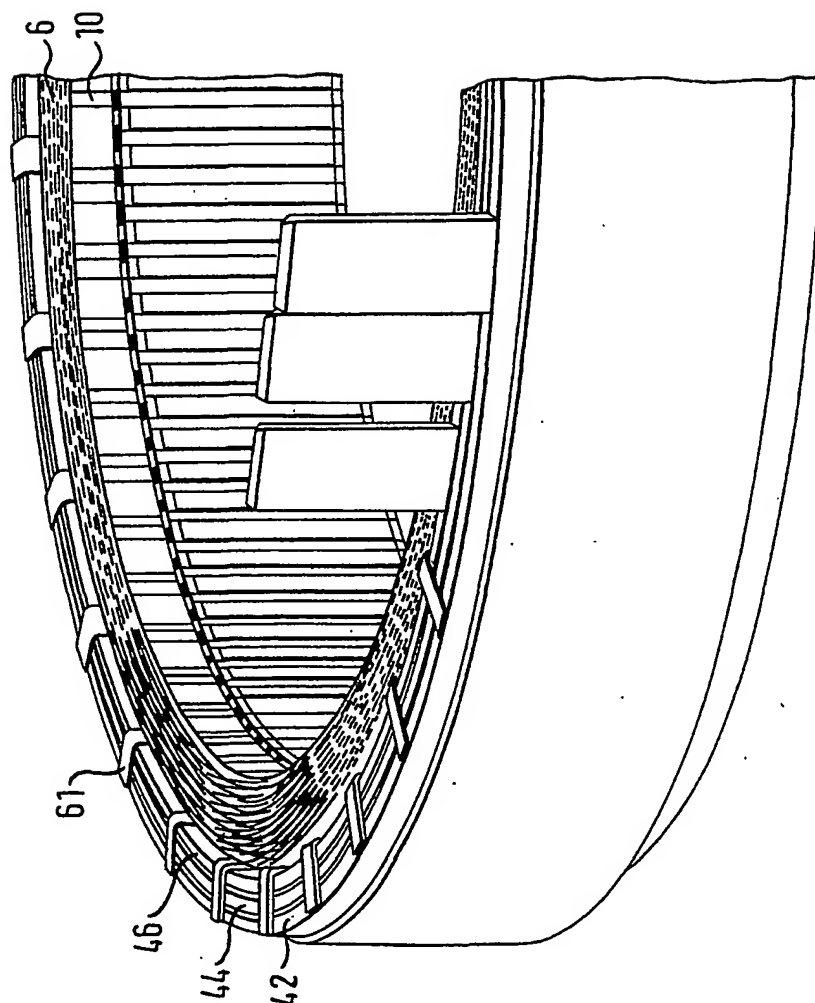


Fig. 19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int Application No
PCT/EP 01/06272

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H02K3/12 H02K3/28 H02K3/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|---------------------------------------|
| X | EP 0 899 850 A (DENSO CORP) 3 March 1999 (1999-03-03) | 1,4-8, 10,12, 17, 19-21,26 |
| A | column 10, line 58 -column 14, line 27; claims 1,2; figures 6,11-17 --- | 3,13,14, 24 |
| X | DE 42 34 129 A (HILL WOLFGANG) 5 May 1994 (1994-05-05) | 1,3,4,7, 11,12, 14, 18-22,26 |
| A | column 14, line 41 -column 16, line 60; claims 1,5; figures 3-8 --- -/-- | 5,6,8, 24,25 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 August 2001

Date of mailing of the international search report

28/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

von Rauch, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/EP 01/06272

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|---|
| X A | US 5 422 526 A (KAWABATA YASUTOMO ET AL) 6 June 1995 (1995-06-06) column 2, line 3 - line 66 column 4, line 66 -column 5, line 36; claim 1; figures 1,2,5 ----- | 1,3,4, 16,19 2,9,13, 17 |
| X A | GB 1 329 205 A (MORRIS LTD HERBERT) 5 September 1973 (1973-09-05) page 1, line 49 - line 80; figures 1-4 ----- | 1,8,10, 12,19, 20,26 3,4,6,9, 11,21 |
| P,X P,A | US 6 208 058 B1 (ASAO YOSHIHITO ET AL) 27 March 2001 (2001-03-27) column 5, line 62 -column 8, line 28; claim 1; figures 1-8 ----- | 1,2,4,6, 7,12,16, 19,21,26 10,17,23 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inte d Application No

PCT/EP 01/06272

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0899850 | A | 03-03-1999 | JP 2924605 B | 26-07-1999 |
| | | | JP 7115755 A | 02-05-1995 |
| | | | AU 674784 B | 09-01-1997 |
| | | | AU 7576494 A | 25-05-1995 |
| | | | BR 9404112 A | 13-06-1995 |
| | | | CA 2118194 A | 16-04-1995 |
| | | | CN 1114795 A,B | 10-01-1996 |
| | | | DE 69401113 D | 23-01-1997 |
| | | | DE 69401113 T | 19-06-1997 |
| | | | DE 69418897 D | 08-07-1999 |
| | | | DE 69418897 T | 16-03-2000 |
| | | | EP 0649213 A | 19-04-1995 |
| | | | EP 0730335 A | 04-09-1996 |
| | | | ES 2095122 T | 01-02-1997 |
| | | | ES 2132806 T | 16-08-1999 |
| | | | JP 3156474 B | 16-04-2001 |
| | | | JP 7163098 A | 23-06-1995 |
| | | | KR 164249 B | 15-04-1999 |
| | | | US 5508577 A | 16-04-1996 |
| | | | US 5650683 A | 22-07-1997 |
| | | | US 5864193 A | 26-01-1999 |
| | | | JP 3097729 B | 10-10-2000 |
| | | | JP 7231617 A | 29-08-1995 |
| | | | JP 3156532 B | 16-04-2001 |
| | | | JP 7231618 A | 29-08-1995 |
| | | | JP 3064838 B | 12-07-2000 |
| | | | JP 7231619 A | 29-08-1995 |
| | | | JP 8051748 A | 20-02-1996 |
| | | | JP 8140324 A | 31-05-1996 |
| DE 4234129 | A | 05-05-1994 | WO 9409547 A | 28-04-1994 |
| | | | EP 0669051 A | 30-08-1995 |
| | | | JP 8504557 T | 14-05-1996 |
| | | | US 5773905 A | 30-06-1998 |
| US 5422526 | A | 06-06-1995 | JP 6209535 A | 26-07-1994 |
| GB 1329205 | A | 05-09-1973 | NONE | |
| US 6208058 | B | 27-03-2001 | JP 2001037131 A | 09-02-2001 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen

PCT/EP 01/06272

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 H02K3/12 H02K3/28 H02K3/50

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--|
| X | EP 0 899 850 A (DENSO CORP) 3. März 1999 (1999-03-03) | 1, 4-8, 10, 12, 17, 19-21, 26 |
| A | Spalte 10, Zeile 58 - Spalte 14, Zeile 27; Ansprüche 1, 2; Abbildungen 6, 11-17 | 3, 13, 14, 24 |
| X | DE 42 34 129 A (HILL WOLFGANG) 5. Mai 1994 (1994-05-05) | 1, 3, 4, 7, 11, 12, 14, 18-22, 26 |
| A | Spalte 14, Zeile 41 - Spalte 16, Zeile 60; Ansprüche 1, 5; Abbildungen 3-8 | 5, 6, 8, 24, 25 |
| | --- -/- | |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. August 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/08/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

von Rauch, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen

PCT/EP 01/06272

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|---|
| X A | US 5 422 526 A (KAWABATA YASUTOMO ET AL) 6. Juni 1995 (1995-06-06) Spalte 2, Zeile 3 - Zeile 66 Spalte 4, Zeile 66 -Spalte 5, Zeile 36; Anspruch 1; Abbildungen 1,2,5 --- | 1,3,4, 16,19 2,9,13, 17 |
| X A | GB 1 329 205 A (MORRIS LTD HERBERT) 5. September 1973 (1973-09-05) Seite 1, Zeile 49 - Zeile 80; Abbildungen 1-4 --- | 1,8,10, 12,19, 20,26 3,4,6,9, 11,21 |
| P,X | US 6 208 058 B1 (ASAO YOSHIHITO ET AL) 27. März 2001 (2001-03-27) | 1,2,4,6, 7,12,16, 19,21,26 |
| P,A | Spalte 5, Zeile 62 -Spalte 8, Zeile 28; Anspruch 1; Abbildungen 1-8 ----- | 10,17,23 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Inte 35 Aktenzeichen

PCT/EP 01/06272

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 0899850 A | 03-03-1999 | JP 2924605 B | 26-07-1999 |
| | | JP 7115755 A | 02-05-1995 |
| | | AU 674784 B | 09-01-1997 |
| | | AU 7576494 A | 25-05-1995 |
| | | BR 9404112 A | 13-06-1995 |
| | | CA 2118194 A | 16-04-1995 |
| | | CN 1114795 A,B | 10-01-1996 |
| | | DE 69401113 D | 23-01-1997 |
| | | DE 69401113 T | 19-06-1997 |
| | | DE 69418897 D | 08-07-1999 |
| | | DE 69418897 T | 16-03-2000 |
| | | EP 0649213 A | 19-04-1995 |
| | | EP 0730335 A | 04-09-1996 |
| | | ES 2095122 T | 01-02-1997 |
| | | ES 2132806 T | 16-08-1999 |
| | | JP 3156474 B | 16-04-2001 |
| | | JP 7163098 A | 23-06-1995 |
| | | KR 164249 B | 15-04-1999 |
| | | US 5508577 A | 16-04-1996 |
| | | US 5650683 A | 22-07-1997 |
| | | US 5864193 A | 26-01-1999 |
| | | JP 3097729 B | 10-10-2000 |
| | | JP 7231617 A | 29-08-1995 |
| | | JP 3156532 B | 16-04-2001 |
| | | JP 7231618 A | 29-08-1995 |
| | | JP 3064838 B | 12-07-2000 |
| | | JP 7231619 A | 29-08-1995 |
| | | JP 8051748 A | 20-02-1996 |
| | | JP 8140324 A | 31-05-1996 |
| DE 4234129 A | 05-05-1994 | WO 9409547 A | 28-04-1994 |
| | | EP 0669051 A | 30-08-1995 |
| | | JP 8504557 T | 14-05-1996 |
| | | US 5773905 A | 30-06-1998 |
| US 5422526 A | 06-06-1995 | JP 6209535 A | 26-07-1994 |
| GB 1329205 A | 05-09-1973 | KEINE | |
| US 6208058 B | 27-03-2001 | JP 2001037131 A | 09-02-2001 |